

AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR NO PERFIL TOPOCLIMÁTICO DO PARQUE ESTADUAL DE INTERVALALES – SP, ENTRE AS ALTITUDES DE 150 A 950 METROS¹

Emerson Galvani², Nadia Gilma Beserra de Lima³, Sergio Serafini Junior⁴, Rogério Rozolen Alves⁵

¹Trabalho elaborado como parte das atividades do plano de manejo do Parque Estadual de Intervales (PEI), SP.

²Professor Dr. Departamento de Geografia, FFLCH-USP. E-mail: egalvani@usp.br

³Geóg. Mestranda em Geografia Física, FFLCH-USP. E-mail: nadia.lima@usp.br

⁴Geóg. Doutorando em Geografia Física, FFLCH-USP. E-mail: serafini@inavegar.org

⁵Técnico do LCB e Graduando em Geografia, FFLCH-USP. E-mail: rroz@usp.br

Resumo:

Avaliou-se, neste trabalho, a temperatura do ar entre as cotas de 150 m a 950 m de altitude em um perfil topoclimático no Parque Estadual de Intervales, SP. Foram instaladas oito estações meteorológicas automáticas distribuídas ao longo do perfil. A relação entre temperatura do ar e altitude foi realizada por meio de modelo de regressão linear simples e os dados foram agrupados em três classes de altitude (superiores a 800m, entre 799 e 400 metros e inferior a 399 metros de altitude). O gradiente térmico da atmosfera no perfil topoclimático estudado foi de 4,11 °C, ou seja, 19,52 °C no ponto de altitude mais reduzida e de 15,41°C no ponto de altitude mais elevada. Considerando a variação altimétrica do perfil (950 – 150 m) que é de 800m obtém-se um gradiente atmosférico de 0,51 °C.100 m⁻¹. A relação entre temperatura do ar e altitude apresentou elevada correlação, sendo possível estimar por meio de modelo de regressão linear simples a temperatura do ar, tendo como variável dependente a altitude. Foi possível identificar, em função dos dados de trabalho de campo no perfil topoclimático, a presença de três ambientes térmicos distintos, tendo como controle a altitude.

Palavras-chave: Altitude, temperatura do ar, cobertura vegetal.

1. Introdução

A variação vertical da temperatura do ar (gradiente) até os limites da troposfera apresenta uma redução em média de –0,65°C a cada 100 metros de elevação acima do nível da superfície (SELLERS, 1974). Isso ocorre por que a atmosfera é transparente a parte da radiação solar de onda curta e mais absorvente para radiação de onda longa terrestre (infravermelho). Também, associa-se a isso o fato de que a atmosfera torna-se mais rarefeita com a elevação acima da superfície. Assim, a atmosfera passa a ser aquecida a partir da superfície (aquecimento basal). Essa variação obviamente não considera particularidades da rugosidade próxima superfície do solo. Outras particularidades do uso do solo, como cobertura vegetal, cor, declividade e orientação das vertentes, entre outras, podem influenciar significativamente o perfil vertical de temperatura do ar.

Além das características da superfície a dinâmica atmosférica também influencia o gradiente térmico da atmosfera, por exemplo, em condições de estabilidade atmosférica,

preferencialmente, em fundos de vale pode ocorrer inversão térmica, ou seja, aumento da temperatura com a elevação acima do nível do solo, contrariando os princípios aqui descritos. Galvani *et al* (2005) trabalhando em um perfil do Parque Nacional de Itatiaia, RJ, entre as cotas 1800m e 2800m, perfazendo o perfil do Pico das Agulhas Negras, registrou um gradiente vertical de temperatura de $-0,58^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. Os autores observaram ainda que a cobertura vegetal é um importante controlador da temperatura do ar neste perfil e identificaram três possíveis ambientes: a) Ambiente entre as cotas 2760 a 2520 metros com temperaturas médias de $10,2^{\circ}\text{C}$ (Rochedo); b) ambiente entre as cotas altimétricas de 2440 a 2330 metros com temperaturas médias de $10,7^{\circ}\text{C}$ (campos de altitude) e; c) um terceiro ambiente com, temperaturas médias de $13,5^{\circ}\text{C}$ entre as cotas 2180 a 1800 metros (Floresta Ombrófila Densa Alto Montana). Diversos outros pesquisadores da área da Agronomia também estudaram as relações entre temperatura do ar e a altitude, a saber: Alfonsi *et al.* (1974), Buriol *et al.* (1973), Buriol *et al.* (1974), Coelho *et al.* (1973), Pinto *et al.* (1972), Pinto e Alfonsi (1974), Sediya e Melo Júnior (1998), Oliveira Neto *et al.* (2002) e Cargnelutti Filho *et al.* (2006) entre outros. Basicamente, o objetivo desses trabalhos foi relacionar a temperatura do ar (máxima, média e mínima) com as coordenadas geográficas do local, em especial, latitude e altitude.

O objetivo deste trabalho é contribuir para o entendimento do perfil vertical da temperatura do ar e sua interação com a superfície terrestre em um perfil topoclimático localizado no Parque Estadual de Intervales (PEI), SP. Objetiva ainda avaliar o gradiente adiabático atmosférico neste perfil e propor um modelo de estimativa da temperatura do ar em função da altitude. A escolha da variação altimétrica como referência principal no estudo do microclima foi norteada pela possibilidade de entendimento das variações de temperatura do ar que ocorrem em cada uma das cotas altimétricas escolhidas para este trabalho.

2. Material e método

O Parque Estadual Intervales (PEI) localiza-se no Estado de São Paulo, ocupando uma área de 41.704,27 hectares (Figura 1). O PEI está situado na Serra de Paranapiacaba, entre os vales dos Rios Paranapanema e Ribeira do Iguape, e abrange parcialmente os municípios de Ribeirão Grande, Guapiara, Iporanga, Eldorado Paulista e Sete Barras. A sede do PEI localiza-se no município de Ribeirão Grande, a 270 km de São Paulo. O PEI faz divisa com outras Unidades de Conservação, formando conjuntamente com o Parque Estadual Carlos Botelho, o Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR)

e a Estação Ecológica de Xitué, o continuum ecológico de Paranapiacaba, um corredor de Mata Atlântica que supera os cerca de 120.000 hectares de área (SALLUN; SALLUN FILHO, 2008). Destaca-se, ainda por localizar-se dentro da APA da Serra do Mar e da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

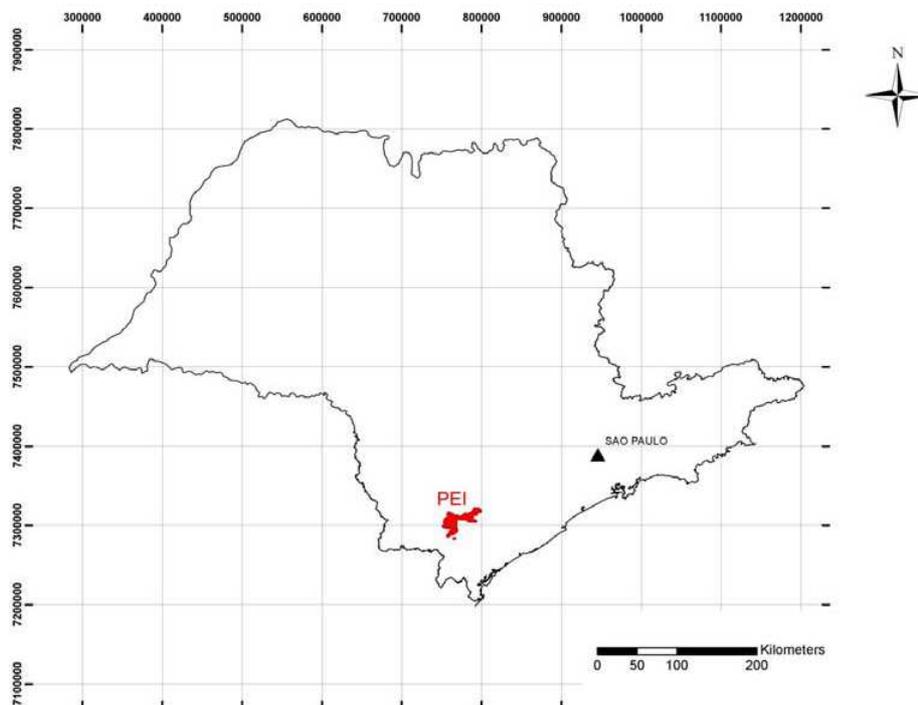


Figura 1: Localização do Parque Estadual de Intervales – PEI no contexto no estado de São Paulo, SP (Fonte: Sallun; Sallun, Filho, 2008).

As estações meteorológicas foram instaladas em um transecto compreendido entre as cotas 150 m (cota mínima possível de acesso) e 950 m (cota máxima). Ao total foram instaladas oito estações meteorológicas que registraram, em escala horária, os atributos temperatura e umidade relativa do ar. Os registradores (microloggers) foram programados para registros horários entre os dias 24/09 a 07/11/2006, totalizando mais de 1100 observações. Os sensores de temperatura do ar foram calibrados tendo como referência a estação meteorológica automática instalada no Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, USP.

As altitudes em que foram instaladas as estações foram: 950m, 810m, 700m, 590m, 480m, 370m, 260m e 150m de altitude, denominados de P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8, respectivamente. Na maioria dos pontos, o gradiente altimétrico entre os pontos foi de 110 m, onde isso não ocorreu foi devido a dificuldades na instalação nas estações. Preferencialmente, todas as estações foram instaladas em vertentes com orientação noroeste, com 1,5 m acima do solo e em dossel completamente fechado (ver detalhes

figura 2). Os dados foram transferidos para um computador e trabalhados em programa Gráfico.



Figura 2: Vista frontal do mini-abrigo meteorológico instalado na cota mínima de 150 metros acima do nível médio do mar – Parque Estadual de Intervales – PEI.

Os dados foram agrupados em três classes de altitude (superiores a 800m, entre 799 e 400 metros e inferior a 399 metros de altitude). O perfil topo-climático estudado pode ser visualizado na figura 3. Adotou-se como referência a distância a partir do ponto de cota máxima (P1), sendo o ponto da cota mínima (P8) localizado a 32 km de distância deste.

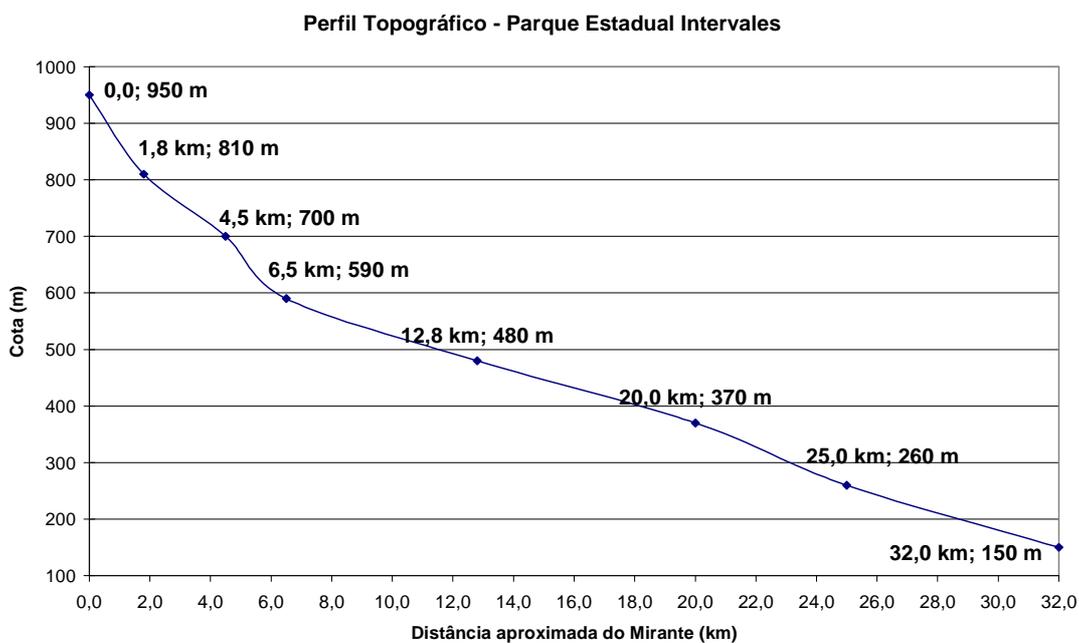


Figura 3: Perfil topográfico com as respectivas cotas altimétricas e a distância em relação o ponto de cota máxima – Parque Estadual de Intervales – PEI.

Os valores de temperatura média em cada ponto e cota altimétrica foram relacionados por meio de modelos de regressão linear simples onde a variável dependente foi a altitude.

3. Resultados e Discussão

O gradiente térmico da atmosfera no perfil topoclimático estudado foi de 4,11 °C, ou seja, 19,52 °C no ponto de altitude mais reduzida (P8) e de 15,41°C no ponto de altitude mais elevada (P1). Considerando a variação altimétrica do perfil (950 – 150 m) que é de 800m obtém-se um gradiente atmosférico de 0,51 °C.100 m⁻¹ (ver tabela 1). Esse valor encontra-se próximo daquele obtido na literatura. Percebeu-se após a análise e interpretação dos dados de temperatura do ar que a altitude é um importante controlador da temperatura do ar na área de estudo. Os valores máximos absolutos de temperatura do ar foram de 28,05 e 31,21 °C para as cotas de 950 e 150m, respectivamente e os valores de temperatura mínima absoluta foram de 7,41 e 10,63 °C para as cotas máximas e mínimas, respectivamente.

Tabela 1: Valores de temperatura média, Máxima e Mínima Absoluta para os pontos P1 com cota de 950 m e P8 com cota de 150 m – Parque Estadual de Intervalas.

	P1 (950 m)	P8 (150 m)	Diferença P8 – P1 (°C)	Gradiente em °C.100 m ⁻¹
Média	15,41	19,52	4,11	0,51
Máximo Absoluto	28,05	31,21	3,16	0,40
Mínimo Absoluto	7,41	10,63	3,22	0,40

A figura 4 apresenta a variação horária da temperatura do ar nos dois pontos extremos do perfil ao longo de todo o trabalho de campo. Observam-se períodos de maior proximidade entre as curvas de temperatura do ar nos pontos observados. Tal fato está associado a dois controles: o primeiro refere-se a períodos de maior nebulosidade, ou seja, aqueles dias com cobertura de céu encoberto, resultando em uma superfície mais homogênea em pontos com cotas altimétricas diferentes; o segundo diz respeito a ocorrência de inversão térmica no perfil estudado. Uma análise dos tipos de tempo e da circulação atmosférica ajudaria e compreender melhor este perfil.

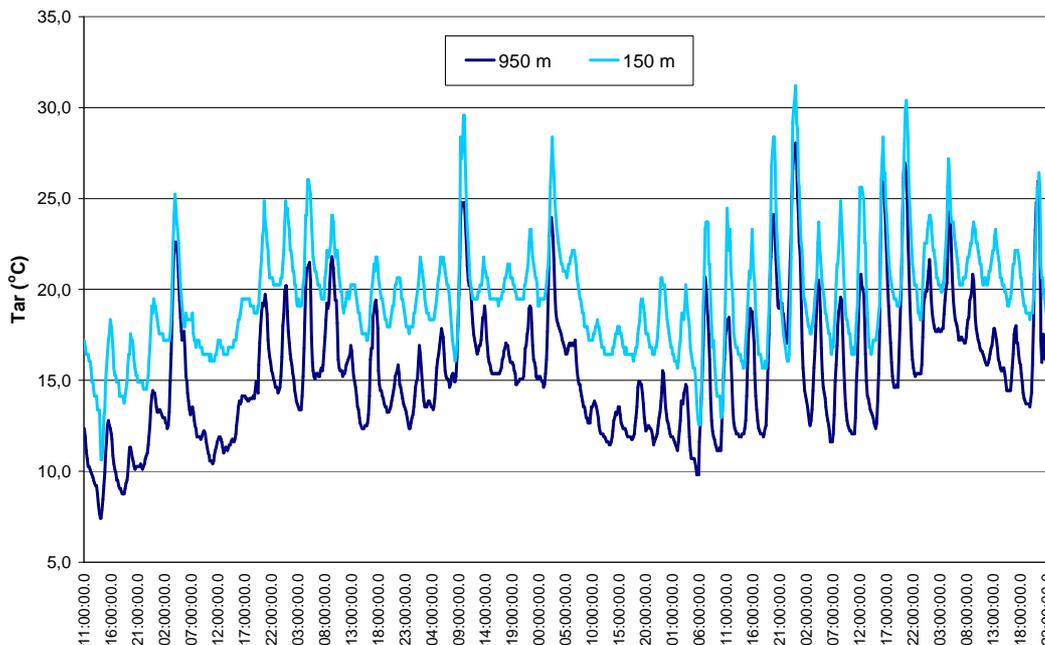


Figura 4: Temperatura do ar no perfil topoclimático do Parque Estadual de Intervalos - 24/09 a 07/11/2006 para os pontos de cota máxima (P1=950 m) e cota mínima (P8=150 m).

Correlacionando os valores de temperatura média do ar de P8 com aqueles de P1 obtêm-se um coeficiente de determinação (R^2) de 0,84. Significa dizer que, em 84% das medidas os valores de temperatura do ar relacionaram-se com a circulação atmosférica em escala regional e nas demais observações (16%) os controles micro e topoclimáticos influenciaram mais significativamente nas medidas.

A figura 5 apresenta a curva média horária da temperatura do ar e o desvio absoluto para P8 e P1. Observa-se que P1 apresentou temperaturas inferiores a P8 em todas as horas do dia. O desvio absoluto médio ficou em torno de 4°C . A marcha horária do desvio absoluto indica nos horários entre o nascer do sol e a passagem meridiana os menores desvios absolutos entre P1 e P8.

A regressão linear entre o valor médio de temperatura do ar e a sua respectiva cota mostrou elevada correlação entre esses valores, sendo representado por:

$$\text{Tar} = -0,0052 * \text{Altitude (m)} + 20,4 \quad (\text{equação 1})$$

O coeficiente de correlação (R^2) da equação apresentada foi de 0,99. A representação gráfica da temperatura do ar média em cada ponto pode ser observada na figura 6.

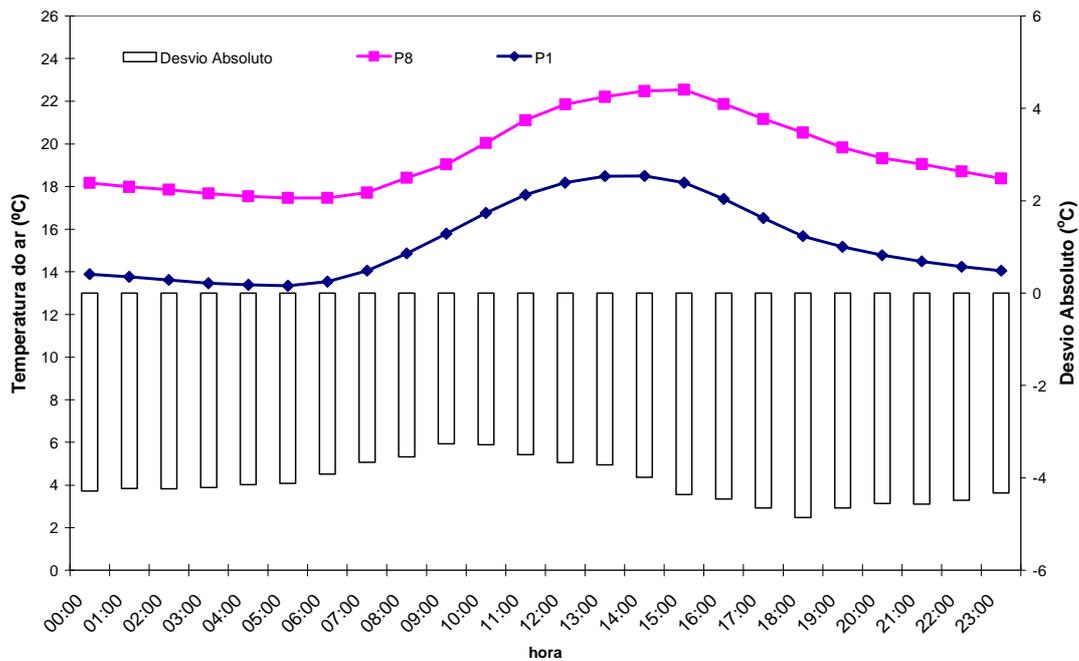


Figura 05: Temperatura do ar no perfil topoclimático do Parque Estadual de Intervalos - 24/09 a 07/11/2006 para os pontos de cota máxima (P1=950 m) e cota mínima (P8=150 m) e desvio absoluto entre os pontos.

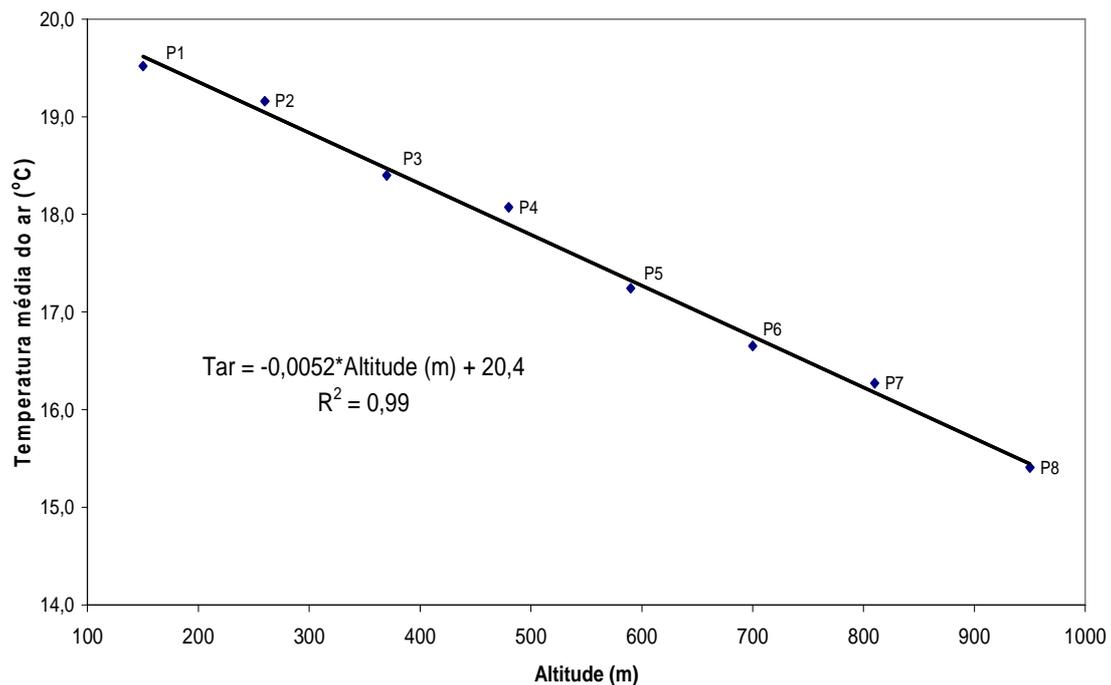


Figura 6: Relação entre temperatura média do ar e a altitude no perfil topoclimático do Parque Estadual de Intervalos – PEI.

A análise dos valores médios de temperatura do ar em cada ponto permite observar, em um primeiro momento três ambientes térmicos distintos, a saber:

- Ambiente térmico 01 (cotas superiores a 800 m de altitude): Ambientes mais frios, com temperaturas médias inferiores a 16 °C;

- Ambiente térmico 02 (cotas entre 799 e 400 m de altitude): Ambientes intermediários, com temperaturas médias entre 16 a 19 °C;

- Ambiente térmico 03 (cotas inferiores a 399 m de altitude): Ambientes mais quentes, com temperaturas médias acima de 19 °C.

A variação vertical da temperatura do ar neste perfil está condicionada a dois controladores do clima: a variação da altitude e a cobertura vegetal. Entretanto, distinguir qual dos controladores apresenta maior influência no perfil não é tarefa fácil. Se por um lado o gradiente adiabático atmosférico explica a redução da temperatura do ar, por outro, os ambientes com diferente cobertura vegetal, também o alteram. É fato que a análise somente dos valores médios de temperatura do ar pode não ser fidedigna para a realidade do perfil topoclimático em questão. Uma análise das amplitudes térmicas diárias e das temperaturas mínimas médias e absolutas poderá contribuir para um melhor entendimento da relação temperatura x altitude x vegetação. A figura 6 permite uma visualização desses ambientes térmicos.

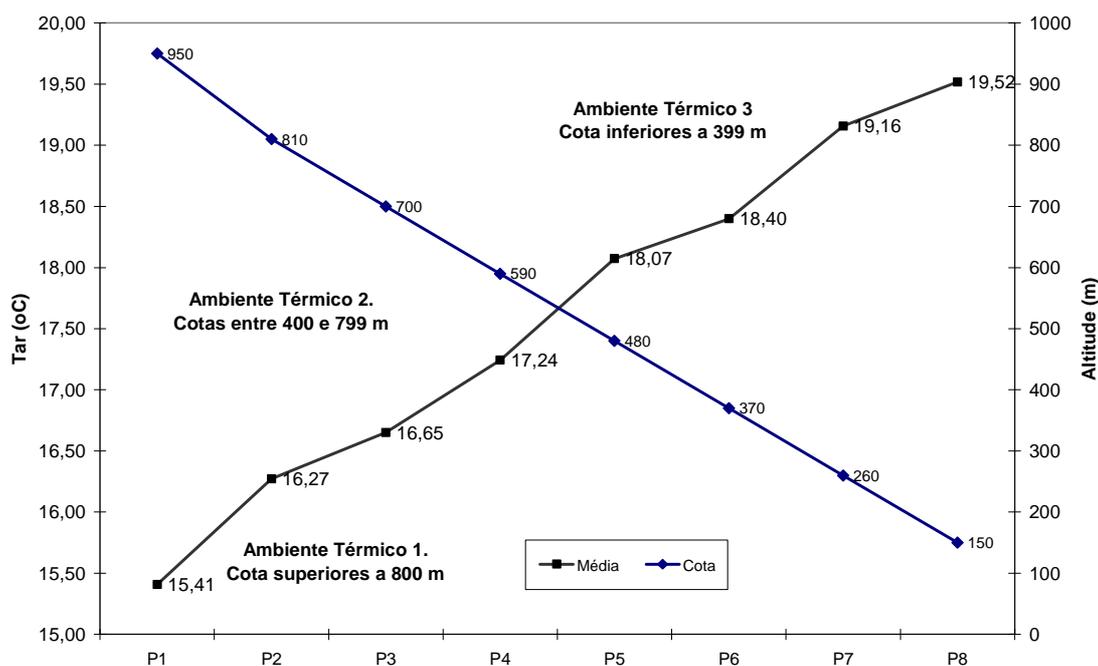


Figura 06: Perfil topoclimático indicando a cota (m) e temperatura média do ar nos oito pontos de medidas no perfil topoclimático do PEI.

4. Conclusões

O gradiente atmosférico no perfil estudado é de $0,51 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot 100 \text{ m}^{-1}$, valor próximo daquele considerado médio teórico. A relação entre temperatura do ar e altitude apresentou elevada correlação, sendo possível estimar por meio de modelo de regressão linear simples a temperatura do ar, tendo como variável dependente a altitude. Foi possível

identificar, em função dos dados de trabalho de campo no perfil topoclimático, a presença de três ambientes térmicos distintos, tendo como controle a altitude.

5. Referências Bibliográficas

ALFONSI, R.R.; PINTO, H.S.; PEDRO JÚNIOR, M.J. Estimativas das normais de temperaturas média mensal e anual do Estado de Goiás (BR) em função de altitude e latitude. *Caderno de Ciências da Terra*, v.45, p.1-6, 1974.

BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; FERREIRA, M.; PINTO, H.S. Estimativa das médias das temperaturas máximas mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista do Centro de Ciências Rurais*, v.3, p.131-150, 1973.

BURIOL, G.A.; FERREIRA, M.; ESTEFANEL, V.; PIGNATARO, I.A.B. Estimativa das médias das temperaturas máximas mensais e anuais do Estado de Santa Catarina. *Revista do Centro de Ciências Rurais*, v.4, p.81-102, 1974.

CARGNELUTTI FILHO, Alberto, MALUF, Jaime Ricardo Tavares, MATZENAUER, Ronaldo et al. Altitude and geographic coordinates in the ten-day mean minimum air temperature estimation in the State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Pesq. agropec. bras.* [online]. 2006, vol. 41, no. 6 [cited 2008-03-31], pp. 893-901. Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2006000600001&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0100-204X. doi: 10.1590/S0100-204X2006000600001

COELHO, D.T.; SEDIYAMA, G.C.; VIEIRA, M. Estimativa das temperaturas médias mensais e anual no Estado de Minas Gerais. *Revista Ceres*, v.20, p.455-459, 1973.

GALVANI; E., CATARUCCI, A. F. M.; CONICELLI, B. P. *et al.* Avaliação da temperatura do ar no perfil topoclimático do Pico das Agulhas Negras, RJ – Cota 1800 a 2760 metros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 4, CD-Rom... Sociedade Brasileira de Biometeorologia, Ribeirão Preto, 2006.

OLIVEIRA NETO, S.N. de; REIS, G.G. dos; REIS, M. das G.F.; LEITE, H.G.; COSTA, J.M.N. da. Estimativa de temperaturas mínima, média e máxima do território brasileiro situado entre 16 e 24° latitude sul e 48 e 60° longitude oeste. *Engenharia na Agricultura*, v.10, p.8-17, 2002.

PINTO, H.S.; ALFONSI, R.R. Estimativa das temperaturas médias, máximas e mínimas mensais no Estado do Paraná, em função de altitude e latitude. *Caderno de Ciências da Terra*, v.52, p.1-28, 1974.

PINTO, H.S.; ORTOLANI, A.A.; ALFONSI, R.R. Estimativa das temperaturas médias mensais do Estado de São Paulo em função de altitude e latitude. *Caderno de Ciências da Terra*, v.23, p.1-20, 1972.

SALLUN, A. E. M.; SALLUN FILHO, W. Geologia. In: Relatório Preliminar para Elaboração do Plano de Manejo do Parque Estadual de Intervalos – PEI. Versão disponível em: <http://www.fflorestal.sp.gov.br/planodemanejo/default.asp> (acesso em 31/03/2008).

SEDIYAMA, G.C.; MELO JÚNIOR, J.C.F. Modelos para estimativa das temperaturas normais mensais médias, máximas, mínimas e anual no Estado de Minas Gerais. Engenharia na Agricultura, v.6, p.57-61, 1998.

SELLERS, W.D. Physical Climatology. Chigago: The University of Chicago Press, 1974. 272p.

VAREJÃO-SILVA, M.A. Meteorologia e Climatologia. INMET: Brasília, 2000. 515p.