

**VARIAÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DO AR MÉDIA E MÍNIMA NO PERFIL
TOPOCLIMÁTICO DA TRILHA CAMINHOS DO MAR (SP)****SARA LOPES DE MORAES¹**
DENISE DIAS DOS SANTOS²
EMERSON GALVANI³**Resumo**

A umidade relativa do ar é um atributo do clima que pode ser influenciada por outros atributos e também pelos controles climáticos. O objetivo principal deste trabalho é compreender umidade relativa média e mínima do ar ao longo perfil topoclimático da Trilha Caminhos do Mar (SP) entre as cotas altimétricas de 80 a 732 metros. Instalou-se nove mini abrigos meteorológicos distribuídos ao longo do perfil. A relação entre a umidade relativa média e mínima absoluta do ar e a altitude foi realizada por meio do coeficiente de correlação. Encontrou-se forte correlação entre a altitude e a umidade relativa mínima do ar ($r=0,85$) e fraca correlação entre a altitude e a umidade relativa média do ar ($r=0,02$). Por conseguinte conclui-se que a altitude não é o único controle da umidade relativa do ar neste perfil e que as condições climáticas da região aliado ao uso do solo e cobertura vegetal podem influenciar em sua variabilidade diária.

Palavras-chave: umidade relativa do ar, perfil topoclimático, Trilha Caminhos do Mar

Abstract

The relative humidity is a climate attribute that can be influenced by other attributes and also the climate controls. However the main objective of this work is to understand average relative humidity and minimum air along the topoclimatic profile in the Trail Caminhos do Mar (SP) between altitudes 80-732 meters. Nine weather shelters were installed along the profile. The relation between the average relative humidity and air and minimum altitude was performed by the correlation coefficient. Were found a strong correlation between altitude and the minimum relative humidity ($r = 0.85$) and weak correlation between altitude and the average relative humidity of the air ($r = 0.02$). Therefore it was concluded that the altitude is not a control of relative humidity in this profile, but the climatic conditions can influence the daily relative humidity variability.

Key-words: air humidity, topoclimatic profile, Track Caminhos do Mar

1- Introdução

A umidade relativa do ar pode ser influenciada por diversos controles e atributos climáticos como, por exemplo, a temperatura do ar, altitude, correntes oceânicas e até

¹ Estudante do Programa de Pós Graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo. E-mail de contato: saralmoraes@yahoo.com.br

² Bacharela em Geografia pela Universidade de São Paulo. E-mail de contato: denise.dias.santos@usp.br

³ Docente do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo. E-mail de contato: egalvani@usp.br

mesmo pelo uso do solo e cobertura vegetal de uma determinada região. Sendo que a maior concentração do teor de umidade é encontrada principalmente nas baixas camadas da atmosfera, ou seja, abaixo de 850mb, aproximadamente 1450m (BARRY; CHORLEY, 2013).

Em um trabalho sobre a variação da umidade relativa do ar do Pico da Bandeira, no Parque Nacional Alto Caparaó, entre os Estados de Minas Gerais e Espírito Santo – Brasil, Falcão et al. (2010) chegaram a conclusão que há uma relação entre a umidade relativa do ar e a presença ou ausência da cobertura vegetal do solo. O estudo, que foi feito a partir da instalação de oito mini abrigos entre as cotas de 1100 metros e 2892 metros de altitude, classificou três ambientes distintos a partir de suas formações vegetais e os resultados confirmaram que à medida que a vegetação do local (Floresta Residual Estacional Semidecidual) era substituída pela menor porte e também pelas rochas a umidade relativa do ar diminuía. Logo, constatou-se que o dossel da vegetação é significativamente importante para a presença de umidade relativa do ar no ambiente. Isso condiciona uma estratificação da vegetação com a altitude, fato que não é tão marcante aqui na Serra do Mar.

Machado et al. (2014) estudaram os aspectos do clima, com base nas variações da temperatura e umidade relativa do ar, em trecho do Parque Nacional da Serra do Cipó (MG). Os autores analisaram quatro pontos com base em critérios com unidades de paisagem variadas, sendo a altimetria, a rede de drenagem e o relevo distintos. Sendo os seguintes pontos de amostra: I) campo aberto em vale fluvial; II) fragmento florestal em vale fluvial; III) transição fitofisionômica em sopé de vertente; IV) afloramento rochoso em topo de morro. Os resultados apontaram dois padrões locais de circulação do ar (brisa montanha-vale) e a influência da vegetação, sendo o primeiro o dos afloramentos quartzíticos recobertos por campo rupestre e vegetação transicional que registrou 23,5°C de temperatura média na base do mirante e no topo de morro e segundo padrão que representa as condições impostas pela situação de vale fluvial com temperaturas médias 22,5°C no campo aberto e 22,4°C no fragmento florestal, e umidade relativa média de 65% e 67% respectivamente.

Os autores Galvani, Lima e Alves (2009) estudando a relação entre a umidade relativa do ar, cobertura vegetal e uso do solo no Parque Estadual de Intervales (estado de São Paulo, Brasil) entre as cotas altimétricas de 150 a 950m concluíram que não ocorreu uma relação direta entre a altitude e a variação da umidade relativa do ar. No entanto, identificaram que outros controles como os padrões de uso e ocupação do solo, dossel da vegetação e o tipo de cobertura vegetal podem influenciar na umidade relativa do ar.

Sendo assim, para pensar a umidade relativa do ar é necessário entendê-la como influenciada por diversos controles e atributos climáticos. Neste trabalho, especialmente,

destacaremos como a altitude e as condições atmosféricas se apresentam como principal determinante da variabilidade da umidade relativa média e mínima do ar. Portanto, o objetivo principal deste trabalho é compreender umidade relativa média e mínima do ar ao longo perfil topoclimático da Trilha Caminhos do Mar (SP) entre as cotas altimétricas de 80 a 732 metros. E ainda, correlacionar a umidade relativa do ar com as condições atmosféricas e a altitude da área de estudo.

2- Material e métodos

2.1- Área de estudo

O Parque Estadual da Serra do Mar – PESM (figura 1) foi criado em 30 de agosto de 1977 e possui a área mais extensa de proteção integral no litoral do Brasil, com 315.390 hectares distribuídos em parte de 23 municípios paulistas, indo desde Ubatuba, no Litoral Norte, até Pedro de Toledo no Sul do estado (SMA/IF, 2006).

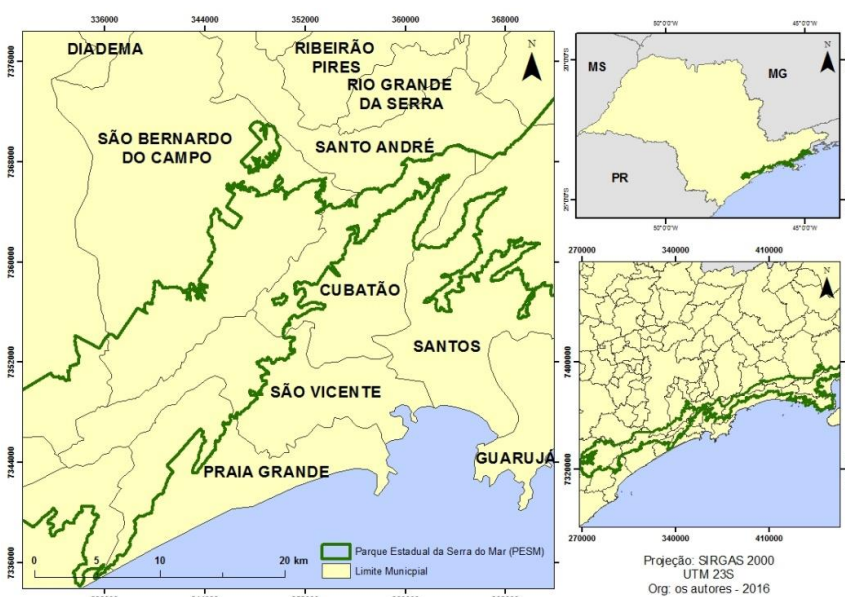


Figura 1: Localização do Parque Estadual da Serra do Mar.

O setor do parque localizado no planalto avança sobre a área de cabeceiras de importantes rios como o Paraíba do Sul, Tietê e Ribeira de Iguape. Também no trecho de planalto, distribui-se em municípios da grande São Paulo, como São Bernardo do Campo, Santo André, São Paulo, Jujutiba, Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes (SMA/IF, 2006). O PESM é dividido em núcleos, sendo que a área de estudo aqui trabalhada localiza-se no núcleo Itutinga-Pilões.

O clima do PESH é caracterizado como tropical úmido no setor norte e de tropical à subtropical úmido nas áreas situadas no centro sul do parque. A média anual de temperatura varia de 20°C a 24°C e as precipitações de 1500 mm a 4000 mm, sendo que a intensidade das precipitações registradas em um curto espaço de tempo oferece risco à ocorrência de deslizamentos, já que as vertentes possuem um alto grau de declividade e a rede hidrográfica é extensa. As massas tropicais e polares são um dos principais controles desta área (SMA/IF, 2006; ARMANI; GALVANI, 2011).

Na figura 2 é possível observar a partir dos climogramas de Gausson as características climáticas das cidades de São Bernardo do Campo (planalto) e Cubatão (planície) que se localizam próximas ao parque.

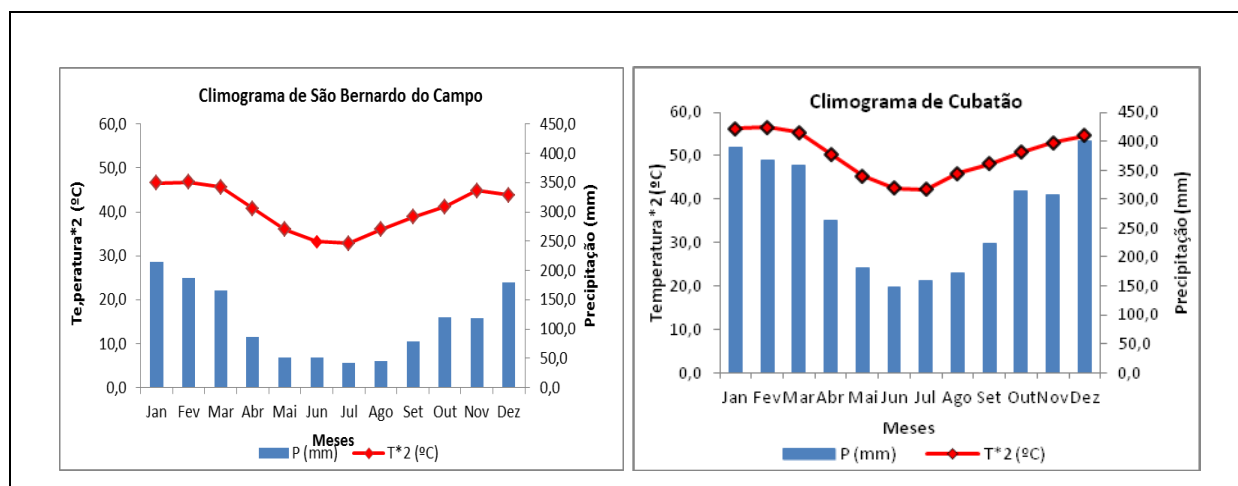


Figura 2: Climograma de Gausson para as cidades de São Bernardo do Campo e Cubatão.

Fonte: DAEE (2016).

Organização: os autores.

Tanto a cidade de São Bernardo do Campo quanto Cubatão apresentam uma distribuição regular das chuvas ao longo do ano, não ocorrendo uma estação seca, embora haja uma redução das chuvas no período de outono e inverno. No entanto, por Cubatão estar mais próxima ao mar e conseqüentemente é mais influenciada pelo efeito da maritimidade o seu volume de chuvas é maior se comparado com São Bernardo do Campo que se encontra a sotavento na vertente da Serra do Mar, podendo chegar a uma diferença de mais de 200 mm.

São Bernardo do Campo apresenta uma temperatura média anual de 20,3°C, sendo fevereiro o mês mais quente com média histórica de 23,4°C e julho o mês mais frio 16,4°C, a precipitação média anual varia de 215,0mm em janeiro a 42,0 mm em julho. Já a cidade de Cubatão apresenta uma temperatura média anual de 25,1°C chegando a 28,3°C em

fevereiro e 21,1°C em julho, o mês de junho apresenta o menor valor de precipitação com 149,0 mm e o mês de dezembro é o mais chuvoso com 400,0 mm.

Inserida no PESH, a Trilha Caminhos do Mar é administrada pela Fundação Florestal e tem o objetivo de oferecer visitação pública, educação ambiental e ecoturismo neste trecho da Estrada Velha de Santos. O percurso abriga diversos monumentos de grande importância histórico-cultural do estado de São Paulo.

2.2- Obtenção e tratamentos dos dados

Para obtenção dos dados, foram instalados nove mini abrigos meteorológicos com dataloggers (modelo HT-500), que registraram medidas das 14h30min do dia 15 de abril de 2015 até às 8h50min do dia 13 de maio de 2015 em intervalos de 10 minutos (figura 3) no percurso da Trilha Caminhos do Mar, que se iniciou no município de São Bernardo do Campo (primeiro abrigo meteorológico nomeado de P1A) já no perímetro do PESH e percorrendo a descida da serra até o município de Cubatão com a instalação do último ponto nomeado P8.



Figura 3: Sensor digital (datalogger) e abrigo meteorológico instalado no ponto P8.
Fonte: os autores.

Todos os equipamentos foram testados e calibrados previamente. Os sensores de temperatura do ar e de umidade relativa do ar foram instalados em um abrigo meteorológico de baixo custo desenvolvido por Armani e Galvani (2005).

Os pontos de instalação foram instalados com orientação para o norte e no interior da mata, para evitar exposição direta à radiação solar e determinados considerando a altitude do local e o gradiente térmico vertical global, que determina que a temperatura do ar que varia, em média, 0,65°C a cada 100 metros (tabela 1).

Tabela 1: Localização da instalação, altitude dos abrigos meteorológicos instalados e descrição simplificada do local.

Ponto	UTM X (m)	UTM Y (m)	Altitude (m)	Descrição
P1A	350791	7361446	732	Planalto (vegetação porte baixo – Floresta Ombrófila Densa Montana).
P1B	350875	7360352	700	Planalto (vegetação porte baixo – Floresta Ombrófila Densa Montana).
P2	351551	7360055	599	Alta Encosta (vegetação porte alto – Floresta Ombrófila Densa Montana).
P3	351985	7360262	499	Alta Encosta (vegetação porte alto – Floresta Ombrófila Densa Montana).
P4	352166	7360502	385	Média Encosta (vegetação porte alto – Floresta Ombrófila Densa Submontana).
P5	352746	7360708	290	Média Encosta (vegetação porte alto – Floresta Ombrófila Densa Submontana).
P6	353484	7360571	185	Média Encosta (vegetação porte alto – Floresta Ombrófila Densa Submontana).
P7	354023	7360184	90	Baixa Encosta (vegetação porte baixo – Floresta Ombrófila Densa Submontana).
P8	353910	7360053	80	Baixa Encosta (vegetação porte baixo – Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas).

Organização: os autores.

Após o período em campo, os dados armazenados foram descarregados em um computador e organizados em planilhas do Excel, para desenvolver o trabalho estatístico e gráfico.

Com a finalidade de verificar a relação entre a umidade relativa do ar com a altitude, calculou-se o coeficiente de correlação (r). O coeficiente r varia de $-1,0$ a $1,0$. Quando zero significa correlação nula e quando $1,0$ ou $-1,0$ correlação perfeita entre as variáveis. A correlação foi classificada segundo Crespo (2002), podendo ser fraca ($0,0$ a $0,3$), moderada ($0,3$ a $0,6$) e forte (maior que $0,7$).

A utilização dos dados meteorológicos da estação automática do Laboratório de Climatologia da USP (EMA-LCB) localizada na Cidade Universitária e das cartas sinóticas, obtidas junto a Marinha do Brasil e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), serviram de base para a interpretação das condições atmosféricas atuantes durante o período de estudo.

3- Resultados e Discussão

A partir dos dados e das informações coletadas nos nove mini-abrigos, foi possível compreender a variabilidade da umidade relativa média (URmed) e mínima (URmin) do ar na Trilha Caminhos do Mar. A Figura 4 representa o perfil higr-topográfico da umidade relativa média do ar com a altitude, ou seja, este perfil mostra a relação entre cada ponto de coleta de dados com a altitude.

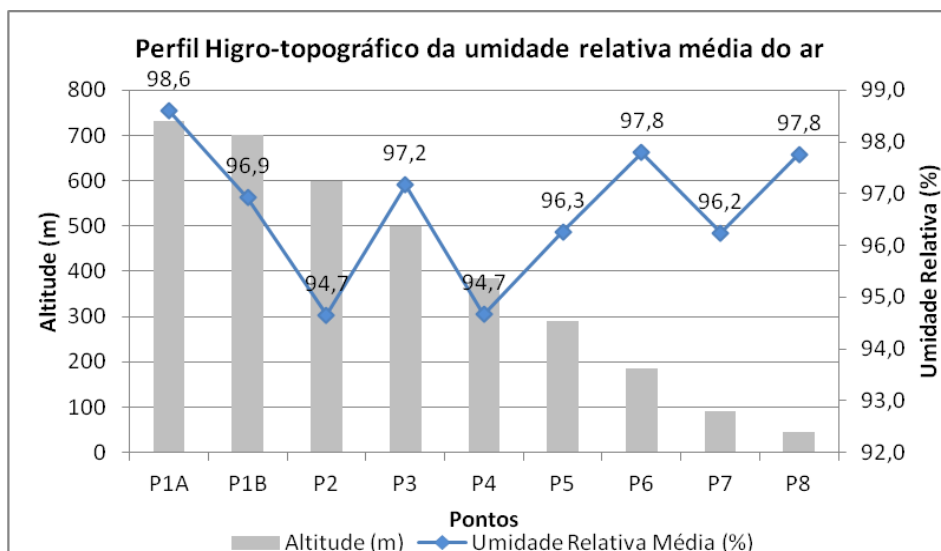


Figura 4: Perfil Higo-topográfico da umidade relativa média do ar com as altitudes dos mini-abrigos.
 Dados obtidos no período de 15 de abril a 13 de maio de 2015.
 Organização: os autores.

Observa-se que o P1A (98,6%) é o maior valor de umidade relativa média do perfil, encontrando-se na maior cota altimétrica. O menor valor encontrado foi de 94,7% nos pontos P2 e P4 nas cotas de 599m e 385m respectivamente.

Para melhor entendimento da relação entre a altitude e a umidade relativa do ar média e mínima absoluta, o coeficiente de correlação foi adotado. A figura 5 mostra os mostra por meio de diagramas de dispersão o valor do coeficiente de correlação entre as variáveis umidade relativa do ar média e altitude $r=0,02$ e entre a umidade relativa mínima absoluta e altitude $r=0,85$.

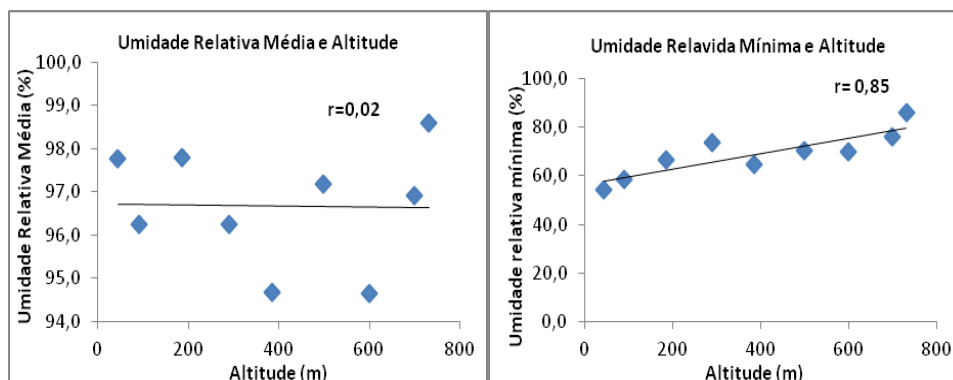


Figura 5: Diagrama de dispersão entre a altitude e umidade relativa média do ar, e entre a altitude e umidade relativa mínima absoluta do ar,

Dados obtidos no período de 15 de abril a 13 de maio de 2015.
 Organização: os autores.

Esses valores representam uma correlação fraca para a URmed e forte para a URmin absoluta. Isto significa que a só a relação da altitude não é capaz de explicar a variabilidade da umidade relativa média do ar no perfil topográfico, ou seja, a umidade relativa do ar está sendo influenciada por outros controles e atributos climáticos. Portanto, para melhor compreender a variação da umidade relativa média e mínima do ar foi necessária a análise da marcha diária.

A figura 6 apresenta a marcha diária (15 de abril de 2015 a 13 de maio de 2015) da umidade relativa média; nota-se que os valores médios menores ocorreram durante o dia 4 de maio.

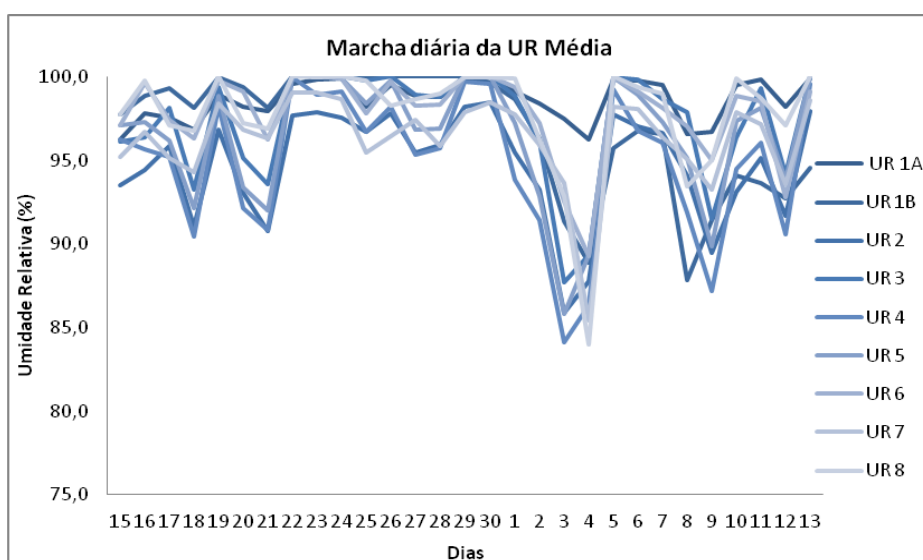


Figura 6: Marcha diária da umidade relativa média do ar para os dias de 15 de abril a 13 de maio de 2015.

Organizadores: os autores.

A mesma variação ocorreu para os valores de umidade relativa mínima do ar no dia 4 de maio, chegando a registrar o menor valor de 54,3% no ponto 8 (figura 7). A partir do dia 30 de abril até o dia 5 de maio a umidade relativa mínima variou mais de 40% em alguns pontos de coletas de dados.

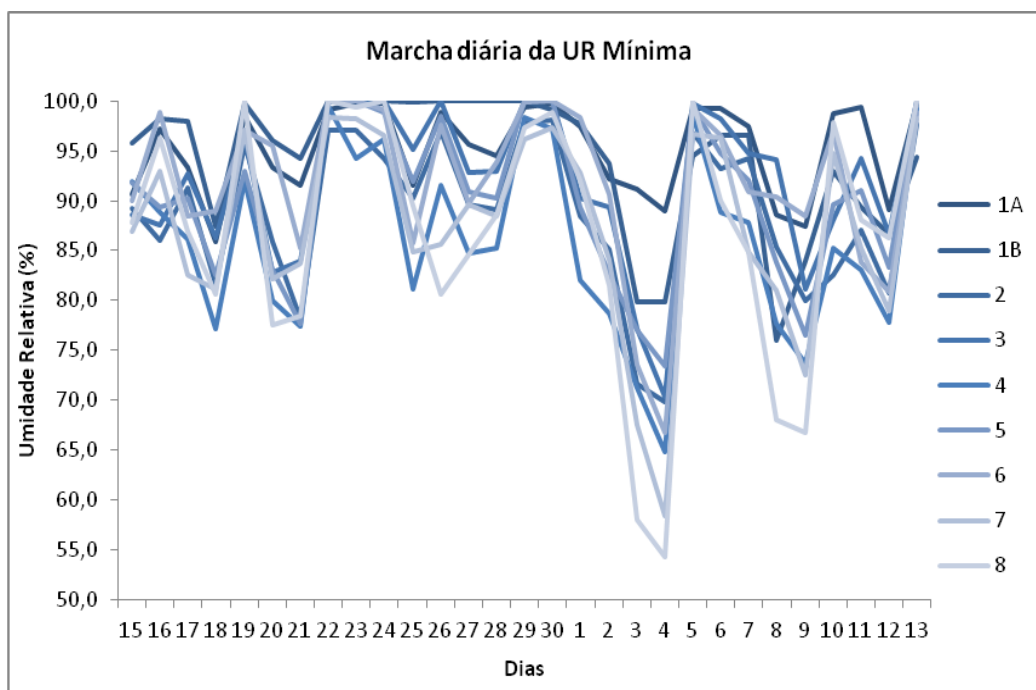


Figura 7: Marcha diária da umidade relativa mínima do ar para os dias de 15 de abril a 13 de maio de 2015.

Organização: os autores.

No dia 9 de maio também ocorreu uma queda do valores de umidade relativa média e mínima, registrando a 66,7% (menor valor da série no ponto 8). Como a redução tanto da umidade relativa média e mínima foi acentuada a partir no dia 3 e 9 de maio, realizou-se uma comparação entre a umidade relativa e a temperatura do ar, e também das condições atmosféricas a partir de cartas sinóticas e imagens de satélite.

No dia 4 de maio observa-se a diminuição da umidade relativa média e mínima do ar, no entanto ocorre o aumento da temperatura média do ar (figura 8).

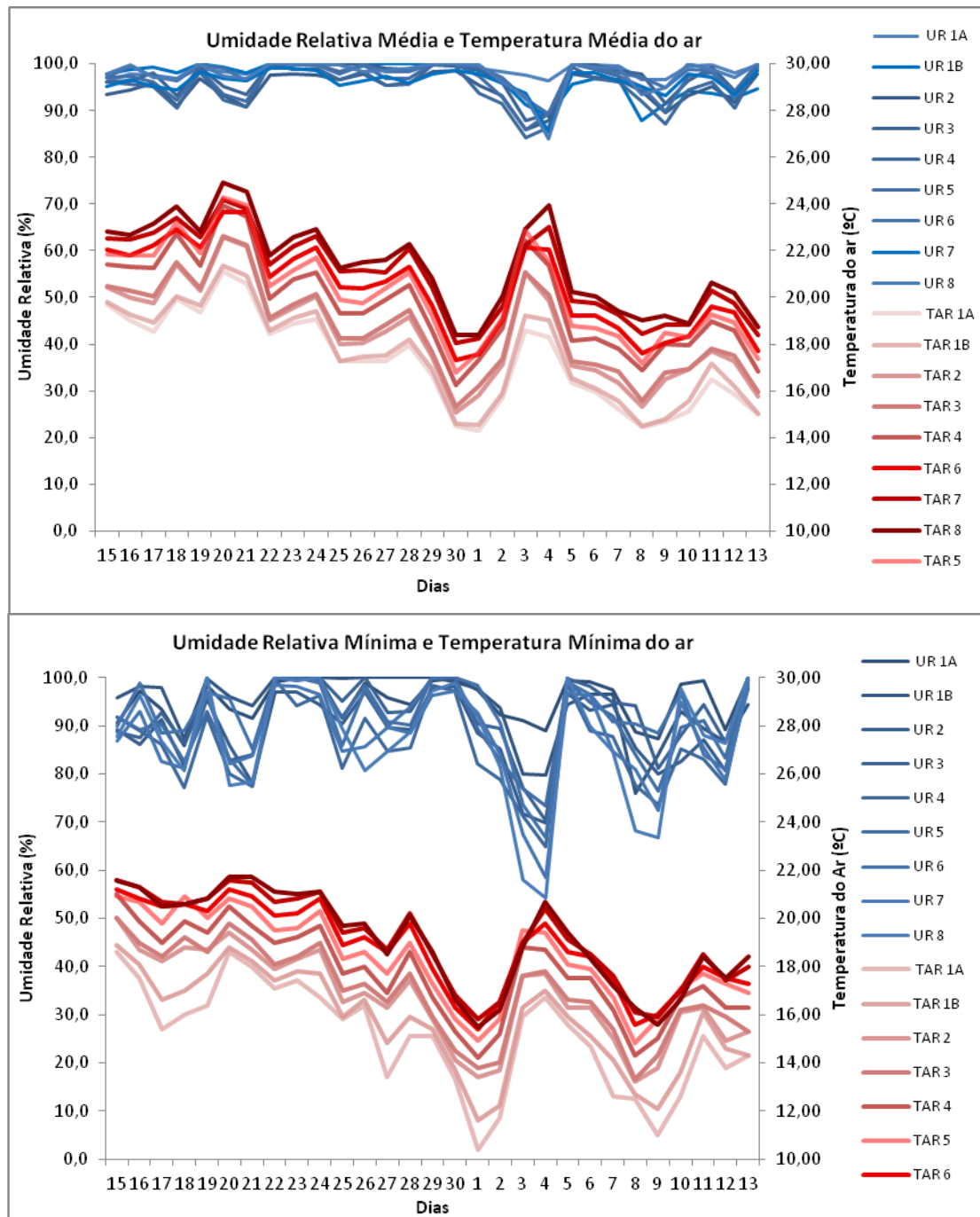


Figura 8: Marcha diária da umidade relativa média e mínima do ar com a temperatura média e mínima do ar.

Organização: os autores.

De acordo com Galvani e Azevedo (2012), é possível fazer a identificação da passagem de uma frente frontal através de uma sequência de registros meteorológicos do comportamento dos atributos atmosféricos, antes, durante e depois da atuação de uma frente.

Portanto, com os dados da EMA-LCB, foi possível confirmar a atuação da frente fria registrada na carta sinótica por meio dos valores de precipitação e de pressão atmosférica. A estação automática do Laboratório de Climatologia e Biogeografia registrou 7,3 mm no dia 4 de maio, além disso, os dados de pressão apontam a presença de um centro de alta pressão associado à passagem da frente, deixando assim a área mais fria e relativamente mais úmida. A partir da análise desses dados e do comportamento da umidade relativa média, mínima e da temperatura coletadas em campo foi possível identificar a atuação da frente fria no dia 4 de maio.

A imagem da carta sinótica (figura 9) também auxilia na identificação da passagem da frente fria sobre o Estado de São Paulo, que se descola de sudoeste para noroeste no dia 4 de maio. A redução da umidade relativa está associada ao aquecimento pré-frontal e, por conseguinte, a redução dos valores de umidade relativa média e mínima.

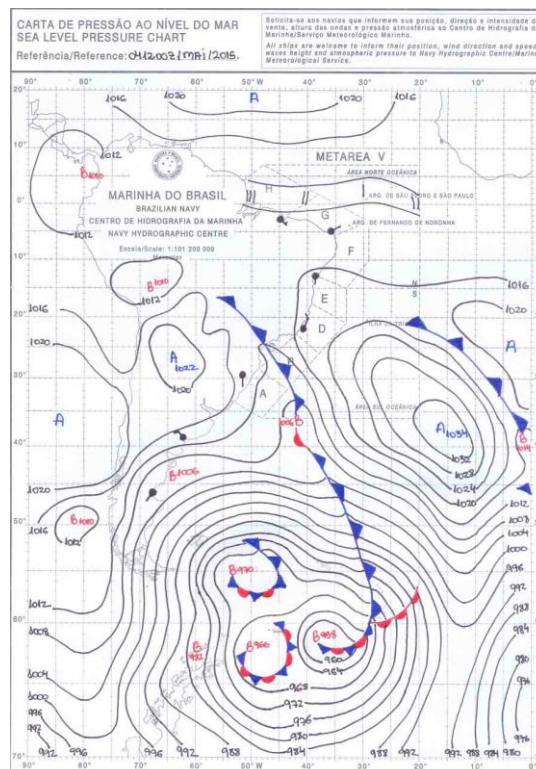


Figura 9: Carta Sinótica das 12 horas (Greenwich) do dia 04/05/2015.
Fonte: Marinha do Brasil

Já no dia 9 de maio a umidade relativa média e mínima também apresentaram uma pequena queda, no entanto não ocorreu o aumento de temperatura do ar como no dia 4 de maio (figura 8). Este fato se deve a formação de uma frente estacionária com característica subtropical ou também pela possibilidade da atuação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), características do período do inverno (figura 10). Segundo Degola (2013) a Alta

Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) no inverno possui a característica de promover a diminuição de temperatura no continente enquanto que no verão causa aumento da temperatura.

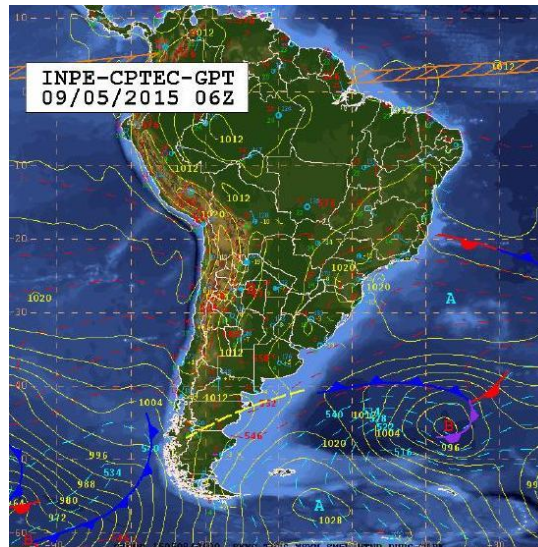


Figura 10: Carta sinótica do dia 9 de maio de 2015.
Fonte: CPTEC/INPE

Além disso, o que poderia explicar a redução dos valores de umidade relativa média e mínima sem o aumento da temperatura é a possibilidade do predomínio de ventos provenientes do interior do continente, ou seja, ventos de norte e oeste. No entanto, a EMA-LCB registrou apenas ventos vindos de sul e de leste, ou seja, ventos tipicamente mais úmidos por virem do mar, sendo que os ventos registrados pela EMA são de superfície e os ventos de origem continental podem ocorrer nas camadas mais elevadas da troposfera.

Por conseguinte, essas análises permitem afirmar que os valores da umidade relativa média e mínima absoluta no perfil topoclimático não podem ser explicados apenas pela altitude, mas sim por outros fatores como, por exemplo, as condições atmosféricas que atuaram no período e também a cobertura vegetal da trilha, assim como aponta Falcão et al. (2010), Galvani, Lima e Alves (2009) e Machado et al. (2014).

4- Conclusões

A análise do perfil topoclimático permitiu conhecer a variabilidade da umidade relativa média e mínima do ar em um fragmento do PESH.

A correlação entre a altitude e a umidade relativa média do ar foi fraca ($r=0,02$) e forte entre a altitude e a umidade relativa mínima do ar. Essa fraca correlação pode nos

mostrar que altitude não controla a umidade relativa do ar, ou seja, neste perfil a umidade relativa do ar é influenciada por outros controles e atributos climáticos.

A partir das análises foi possível compreender que a diminuição da umidade relativa do ar tanto média quanto mínima para dois principais períodos, dia 4 e 9 de maio, foi consequência de uma frente fria, da formação de uma frente estacionária com característica subtropical e da possível atuação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS).

Finalmente, este estudo mostra que a variabilidade da umidade relativa média e mínima no perfil topoclimático da Trilha Caminhos do Mar é influenciada por diversos controles e atributos do clima.

5- Referências

ARMANI, G.; GALVANI, E. Avaliação do desempenho de um abrigo meteorológico de baixo custo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, 2005, p. 34-40.

ARMANI, G.; GALVANI, E. Fluxos polares e o ritmo dos sistemas atmosféricos no nordeste do estado de São Paulo. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 23 (1): 7-22, abr. 2011.

BARRY R. G. & CHORLEY R. J. **Atmosfera tempo e clima**. Porto Alegre: Bookman, ed.9, 2013.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS, CPTEC. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>> 22 de março de 2016.

CRESPO, A. A.; **Estatística Fácil**. 18 ed. São Paulo: Saraiva, 2002. p.224.

DEGOLA, Thiago S. D. **Impactos e variabilidade do anticiclone subtropical do Atlântico Sul sobre o Brasil no clima presente e em cenários futuros**. 2013. 92f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – IAG-USP, São Paulo, 2013.

FALCÃO, R. M.; GALVANI, E. LIMA, N.G.B; CRUZ, B.P. Análise da Variação da Umidade Relativa do Ar no Pico da Bandeira, Parque Nacional Alto Caparaó, Brasil. VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra 2010.

GALVANI, E. LIMA, N.G.B; ALVES, R.R. Relação entre umidade relativa do ar, cobertura vegetal e uso do solo no Parque Estadual de Intervales (PEI) e seu entorno, São Paulo, Brasil. In: XII Encontro de Geógrafos da América Latina – EGAL, 2009, Montevideo. Caminhando por uma América Latina em transformação. Montevideo: Easy Planer 2009.

GALVANI, E.; AZEVEDO, Tarik Rezende de . A frente polar atlântica e as características de tempo associadas: estudo de caso. In: Emerson Galvani, Nádia Gilma Beserra de Lima. (Org.). **Climatologia Aplicada: Resgate aos estudos de caso**. 1ed. Curitiba: Editora CRV, 2012, v. 1, p. 7-18.

MACHADO, F.L.V., NERY, F.H., COELHO, J.P.R., JARDIM, C.H. Aspectos do clima e paisagem em trecho do Parque Nacional da Serra do Cipó - MG: variações horárias de temperatura e umidade relativa do ar no período de 11 a 13/04/2014. In: ANAIS DO X SIMPÓSIO BRASILEIROS DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA – SBCG, 2014, Curitiba. ISBN: 978-85-7846-278-9 p. 272 – 283

MARINHA do Brasil. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/>> Acesso em: 22 de março de 2016.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO – INSTITUTO FLORESTAL. **Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Mar**. São Paulo: SMA/IF, 2006.