

Ciência e Natura

ISSN: 0100-8307

cienciaenaturarevista@gmail.com

Universidade Federal de Santa Maria

Brasil

Nunes da Silva, Aline; Wollmann, Cássio Arthur; Hoppe, Ismael Luiz  
Perfil Topoclimático do Cerro do Botucaraí, em Candelária/RS, de abril e maio de 2016  
Ciência e Natura, vol. 39, 2017, pp. 9-26  
Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467553604002>

## Perfil Topoclimático do Cerro do Botucaraí, em Candelária/RS, de abril e maio de 2016

Topoclimatic profile of Cerro do Botucaraí, in Candelária/RS, from April to May 2016

Aline Nunes da Silva <sup>1</sup>, Cássio Arthur Wollmann <sup>2</sup> e Ismael Luiz Hoppe <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Aluna de Graduação em Geografia Bacharelado da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil  
alinendeca@hotmail.com

<sup>2</sup> Professor Orientador da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil  
cassio\_geo@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Aluno de Mestrado PPGGEO, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil  
ismael.hoppe@hotmail.com

### Resumo

Este trabalho tem como objetivo analisar a variabilidade termo-higrométrica na localidade do Cerro do Botucaraí, em Candelária, Rio Grande do Sul, considerando o ponto isolado mais alto do estado com 569 metros de altitude acima do nível do mar. A análise foi feita com os valores médios diários e mensais de temperatura e umidade relativa do ar relativos ao meses de abril e maio de 2016, coletados em dois pontos distintos, sendo um deles da base do Cerro do Botucaraí e o outro do topo do Cerro de mesmo nome. Com esta análise foi possível observar que as temperaturas no topo do Cerro do Botucaraí, são em geral, mais baixas do que em sua base e a ocorrência de três episódios de inversão térmica entre os dois pontos, sendo dois deles no mês de abril e um no mês de maio. Durante a análise foi identificada a variação de altitude entre estes dois pontos como sendo o principal fator causador da variabilidade da temperatura do ar e, consequentemente, da umidade relativa do ar.

**Palavras-chave:** termo-higrométrica; topoclimático; climatologia..

### Abstract

This paper intends to analyze the thermo-hygrometric variability in the locality called Cerro do Botucaraí, in Candelária, Rio Grande do Sul, considering the highest isolated point in the state with 569 meters high above sea level. The analysis was made with the average daily and monthly values of temperature and relative humidity for the months of April and May 2016, collected at two different points, one of them being from the base of Cerro do Botucaraí and the other from the top of the hill with the same name. With this analysis it was possible to observe that the temperatures at the top of Cerro do Botucaraí are, in general, lower than at its base and there are three cases of thermal inversion occurrences between the two points, two of them in the month of April and one in the month of May. During the analysis was identified the altitude variation between these two points as being the main factor causing air temperature variability and, consequently, the relative humidity of the air.

**Keywords:** thermo-hygrometric; topoclimatic; thermal inversion.

## 1 Introdução

A Climatologia é a ciéncia que estuda a variabilidade climática terrestre em decorrência da dinâmica atmosférica e, dentro da Geografia, é a parte responsável por estudar os elementos climáticos e seus impactos à população, dando foco a dinâmica da circulação atmosférica e seus resultados no meio homem-natureza. Nesse contexto, para fazer a análise topoclimática tem-se por base a ocorrência de variabilidade de temperatura do ar e umidade relativa do ar em uma determinada localidade que apresente variações altimétricas significativas.

Do ponto de vista térmico, segundo Torres e Machado (2012), na Troposfera, nota-se uma diminuição da temperatura à medida que a altitude aumenta. A temperatura do ar diminui, em média, 0,6°C a cada 100 metros de altitude, gradiente que pode variar em até 1°C a cada 100 metros, aproximadamente, quando o ar está ligeiramente úmido, e em até 1°C para cada 200 metros, quando o ar está saturado.

A atmosfera sofre aquecimento basal, significando que o processo de aquecimento ocorre de baixo para cima. É de conhecimento, também, que o ar torna-se rarefeito em regiões mais elevadas, logo, quanto menor a densidade do ar, menor é a quantidade de calor contida nele (TORRES; MACHADO, op. cit.). Há vários fatores que influenciam a distribuição da temperatura, umidade e pressão na superfície terrestre, como as características geográficas gerais de uma paisagem, como a latitude, o relevo, a vegetação, e a atividade antrópica (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2009).

Para Borsato (2016) o clima de uma localidade ou região pode ser compreendido por meio de seus atributos e controles, visto que os atributos são as respostas locais e imediatas das trocas entre as diferentes massas de ar e entre elas e a hidrosfera, biosfera e a litosfera, tais como a variação diária da temperatura, o vento, a chuva, a neblina, o nevoeiro, geadas, entre outros.

Neste sentido, antes de se realizar qualquer tipo de análise térmica ou higrométrica, devem ser levados em consideração: a latitude e a época/estação do ano, que atuam como influenciadores na quantidade de energia solar que atinge a atmosfera e a superfície terrestre, e, no fotoperíodo do local; a vegetação, que funciona como um fator regulador da umidade atmosférica; a maritimidade também funciona como um regulador da umidade atmosférica e da temperatura trabalhando como principal fonte de água da Troposfera (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2009). Visando estes fatores, esta pesquisa foi realizada no Cerro do Botucaraí, sendo o mais alto pico isolado do estado do Rio Grande do Sul, com 569 metros (SARTORI; SARTORI, 2004), e, um importante ponto turístico da região devido às lendas e crenças populares.

O Cerro do Botucaraí (Figura 1) é conhecido por ser o pico isolado mais alto do Estado do Rio Grande do Sul, com 569 metros de altitude acima do nível do mar, encontra-se localizado no município de Candelária, na região central do estado, no limite entre as bacias hidrográficas do Rio Pardo e Baixo Jacuí. É local de grande importância ambiental e histórica para a região, e ainda não possui nenhum tipo de estudo climático relacionado a sua localização e à variabilidade que causa na região ao seu entorno.

Nesse contexto, com a intenção de iniciar as pesquisas climatológicas em um local onde há carência deste tipo de estudo, o presente trabalho tem por objetivo analisar a variabilidade termo-higrométrica entre o topo e a base do Cerro do Botucaraí, durante os meses de abril e maio de 2016, sendo estes os meses mais representativos do outono para o Rio Grande do Sul.



**Figura 1 – Cerro do Botucaraí, município de Candelária, Rio Grande do Sul, face oeste.**

## 2 Caracterização da Área de Estudo

O Cerro do Botucaraí localiza-se no município de Candelária, que possui uma área de 943,945 km<sup>2</sup> e encontra-se na mesorregião Centro Oriental Rio-grandense e na microrregião de Santa Cruz do Sul. O topo do Cerro do Botucaraí está situado nas coordenadas de 29° 42' 25,80" de latitude sul e de 52° 50' 23,30" de longitude oeste, conforme apresentado na Figura 2.

O município de Candelária encontra-se situado em dois compartimentos geológicos distintos, a Depressão Periférica Sul-rio-grandense e o Rebordo do Planalto e Chapadas da Bacia do Paraná. Sendo o objeto de estudo, o Cerro do Botucaraí está situado na Depressão Periférica Sul-rio-grandense, uma área baixa na qual os processos erosivos esculpiram predominantemente as rochas sedimentares triássicas, originando colinas suaves e alongadas, conhecidas na região como coxilhas (ROSS, 1996).

Ainda, Sartori e Sartori (2004) classificam o Cerro do Botucaraí como uma montanha, o que é morfológicamente definido como uma sequência de montes. Porém, segundo os autores (op.cit.), “[...] montanha como uma forma de relevo é sinônimo de monte e corresponde a uma grande elevação acima do terreno que a cerca” e cita o Cerro Botucaraí como um exemplo de montanha dentro do relevo brasileiro. Ainda Guerra e Guerra (1997) explica que cerro é uma nomenclatura regional, utilizada como referência para pequenas elevações isoladas cujas as altitudes variam de 100 a 200 metros e morros e montanhas superiores a 300 metros.

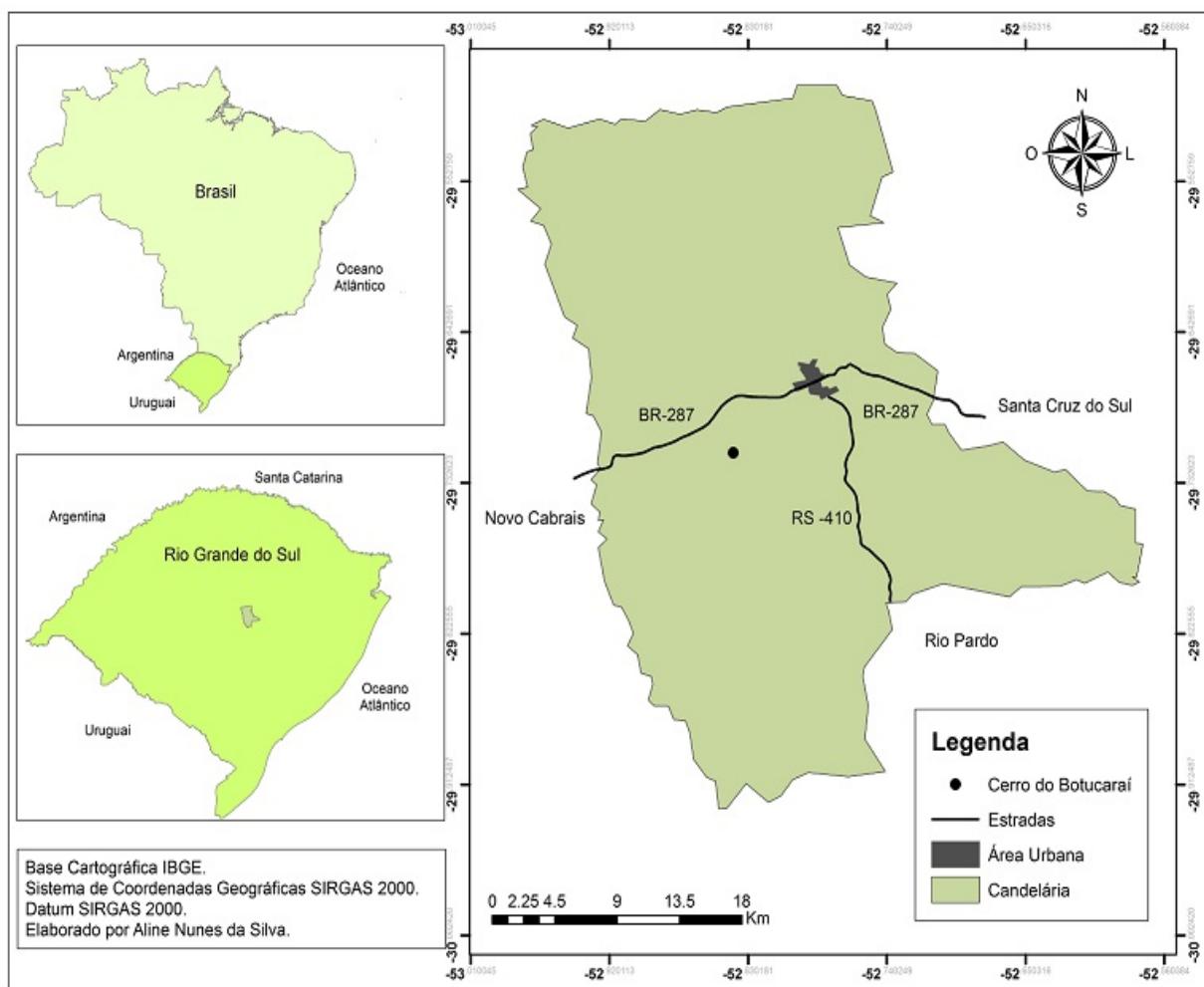


Figura 2 – Mapa de localização do município de Candelária, RS.

Quanto ao clima, o município de Candelária possui uma precipitação pluvial bem distribuída ao longo do ano, e segundo a classificação climática de Köppen (1931), baseada na precipitação, Candelária encontra-se em uma região de clima Subtropical Úmido. Ainda, esta classificação afirma que a maior parte do estado do Rio Grande do Sul insere-se no tipo climático Cfa, onde C significa clima temperado chuvoso e quente; f significa que não há uma estação seca; e a significa verão quente, com o mês mais quente tendo temperatura média maior que 22°C e mês mais frio com temperatura superior a 3°C.

A rede hídrica presente no município de Candelária encontra-se dividida entre duas bacias hidrográficas: 52,94% do município faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo e 47,06% faz parte da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (MPRS, 2015).

A cobertura vegetal nativa característica no município de Candelária corresponde a Floresta Estacional Decidual, que apresenta dois estratos arbóreos distintos: o primeiro é emergente, aberto e decíduo, com altura variando entre 25 e 30 metros; o segundo, dominado e contínuo, tendo altura inferior a 20 metros, formado principalmente por espécies perenifoliadas e por um estrato de arvoretas (FIBGE, 1986).

Segundo Fávero e Longui (p. 2, 2015) o Cerro do Botucarái apresenta-se como uma parte remanescente da Floresta Estacional Subtropical do rebordo do Planalto Meridional. Ainda, os autores ressaltam que a esta vegetação encontra-se em maior parte na Serra Geral e patamares.

O Cerro do Botucaraí é considerado patrimônio paleontológico, tendo sido encontrado registros de vertebrados fósseis (répteis) nas imediações, mais precisamente na Formação Santa Maria, cujos os sedimentos foram depositados no período Triássico (DA ROSA, 2009). Atualmente o Cerro do Botucaraí é tido como um ponto turístico de Candelária, e importante marco dentro de sua história.

### 3 Fundamentação Teórica

Para tratar de quaisquer tipos de fenômenos ou variações ocorrentes na atmosfera, torna-se necessário identificar o nível da escala climática que será trabalhado. Para Ribeiro (1993), a escala climática funciona como uma referência que, segundo alguns critérios, interessam à compreensão de um fenômeno, enquanto, seu estudo relacionado com o comportamento da atmosfera, devem ser compreendidos dentro de sua extensão e duração. Ribeiro (op.cit.) estabelece cinco ordens de grandeza para os fenômenos climáticos sendo elas a escala de clima zonal, clima regional, mesoclima, topoclima e microclima. Para este trabalho, foi utilizada a escala topoclimática, por contemplar o local escolhido para o estudo ao se tratar das rugosidades do terreno e a influência da estrutura vertical da atmosfera, próximo a superfície terrestre.

A temperatura pode ser definida em termos do movimento de moléculas, onde quanto mais rápido é o deslocamento destas moléculas, mais elevada será a temperatura e é comumente definida tomando-se por base o grau de calor que um corpo possui (AYOADE, 2010). Mendonça e Danni-Oliveira (2009) definem a temperatura do ar como sendo a medida do calor sensível nele armazenado, sendo comumente dada em graus Celsius ou Fahrenheit e medida por termômetros. Ainda, segundo os autores, o gradiente vertical da Troposfera é de 0,6°C/100m, o que significa que esta camada da atmosfera apresenta redução em sua temperatura na ordem de 0,6°C a cada 100 metros de elevação acima do nível da superfície.

Neste contexto, Galvani et. al. (2010) afirmam que esta redução na temperatura ocorre por que a atmosfera absorve menos radiação solar de onda curta e mais radiação de ondas longas terrestres, o que faz com que a atmosfera seja aquecida a partir da superfície, ou seja, a camada atmosférica mais próxima à superfície terrestre sofre aquecimento basal.

A umidade relativa do ar é definida por Ayoade (2010) como sendo “a razão entre o conteúdo real de umidade de uma amostra do ar e a quantidade de umidade que o mesmo volume de ar pode conservar na mesma temperatura e pressão”. O autor ainda afirma que a umidade relativa do ar é influenciada pela variação da temperatura do ar, assim a umidade pode variar dependendo da variação na temperatura, sendo então a umidade do ar inversamente proporcional à variação da temperatura.

Segundo Falcão et. al. (2010) a umidade encontra-se concentrada nas baixas camadas da atmosfera, ocorrendo uma diminuição da umidade com o aumento da altitude. Os autores também afirmam que

A existência de água na atmosfera e suas mudanças de fases desempenham papel fundamental em vários processos físicos naturais, como o transporte e a distribuição de calor na atmosfera, a evaporação e a evapotranspiração, a absorção de diversos comprimentos de onda da radiação solar e terrestre, bem como a formação vegetal predominante em uma determinada localidade (FALCAO et. al, 2010, p.01).

## 4 Metodologia

Inicialmente foi feita a pesquisa e leitura bibliográfica a fim de analisar as primeiras informações consideradas relevantes quanto ao local e tema escolhido. Após a pesquisa e leitura teórico-metodológica, realizou-se uma prévia análise do local, com auxílio de carta topográfica e imagens de satélite para a escolha dos possíveis pontos de coleta para a obtenção dos dados.

Para analisar a variabilidade termo-higrométrica no Cerro do Botucaraí foram selecionados os meses de abril e maio de 2016, como sendo os meses que apresentam as maiores características da estação outonal no estado do Rio Grande do Sul. Ainda, foram selecionados dois locais que serviram como ponto de coleta de dados. Dessa forma, tornou-se necessário a execução de dois trabalhos de campo in loco, que contaram com a instalação e retirada do instrumento necessário para a obtenção dos dados. O primeiro ponto de coleta (P1), fica localizado na Vila Botucaraí, próximo à base do Cerro do Botucaraí, em uma propriedade rural. O segundo ponto de coleta (P2) localiza-se no topo do Cerro do Botucaraí, objeto de estudo. A localização dos pontos encontra-se na Figura 3.



**Figura 3 – Localização dos pontos P1 e P2 e suas respectivas altitudes em metros acima do nível do mar.**

**Fonte:** Google Earth Pro.

Para a coleta dos dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, foram instalados dois mini abrigos meteorológicos, em uma variação altimétrica de 469 metros entre o P1 e o P2. Cada mini abrigo meteorológico contava com um *Datalogger*, o qual funciona como um sensor para leitura da temperatura do ar e da umidade relativa do ar. Os aparelhos *Datalogger* foram programados para leituras horárias entre os dias 01/04/2016 e 31/05/2016, conforme metodologia de Hoppe, et. al. (2012). Dessa forma, a cada dia foram registrados 24 valores diferentes para temperatura e 24 valores para umidade relativa do ar. A partir dos dados registrados, foi feito o somatório dos valores diários de temperatura e de umidade relativa do ar, e o resultado da soma diária dividido pelo número de horas do dia (24 horas) encontrando assim a média de temperatura e a umidade relativa do ar diários relativos aos dois pontos de coleta de dados.

Ainda, foram somados os valores médios diários dos dois meses de análise, de temperatura e umidade relativa do ar, e divididos pelo número total de dias de cada mês (30 dias para o mês de abril e 31 dias para o mês de maio), chegando assim ao valores de temperatura média mensal e umidade relativa do ar média mensal para abril e maio.

Com os valores médios, diário e mensal, de temperatura e umidade relativa do ar, foram então feitas as análises dos dados com auxílio do *Software Microsoft Excel* 2010, que contou com a construção de tabelas e gráficos, para melhor visualização dos resultados.

## 5 Resultados e discussões

### 5.1. Análise termo-higrométrica do mês de abril.

Na análise da variação de temperatura entre o ponto P1 e P2 é possível observar que a altitude atua como principal agente regulador sendo que o ponto de coleta P1 encontra-se a 100 metros de altitude acima do nível do mar, enquanto o P2, situado no topo do Cerro do Botucaraí, encontra-se a 569 metros de altitude acima do nível do mar. Na Figura 4 encontram-se os valores médios mensais de temperatura do ar nos pontos P1 e P2.

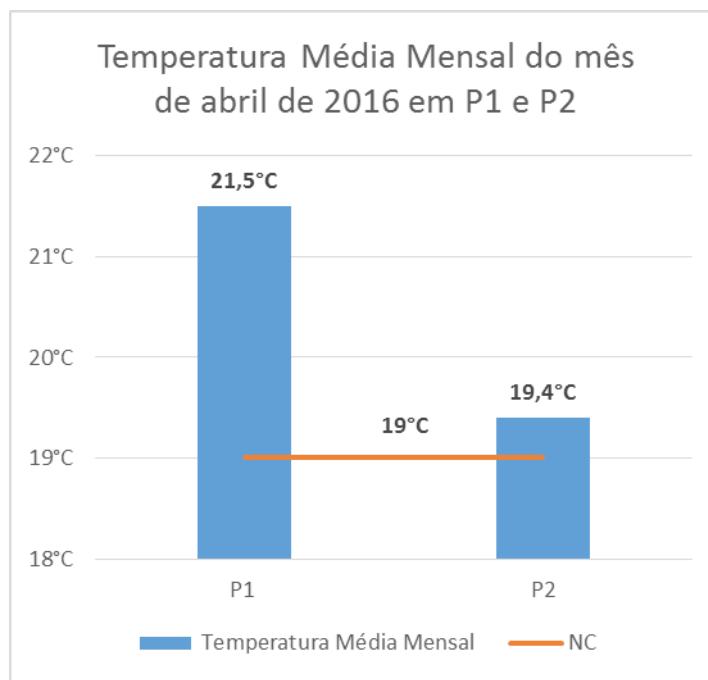


Figura 4 – Temperatura média mensal do mês de abril de 2016 nos pontos P1 e P2.

Os valores médios de temperatura encontrados para o mês de abril nos dois pontos de coleta de dados mostram uma variação de 2,1°C entre a base e o topo do Cerro do Botucaraí, apresentando então um gradiente vertical de menos 0,4°C a cada 100 metros de altitude. Este valor de gradiente vertical mostra-se menor do que o apresentado por Ayoade (2010) e Mendonça e Danni-Oliveira (2009), que é de menos 0,6°C a cada 100 metros de altitude. Este valor para o gradiente vertical encontrado durante a análise do mês de abril é resultado do período de transição de estações (outono/inverno), onde ainda há ocorrências de períodos de calor, com temperaturas máximas acima de 25°C e períodos de frio intenso, com temperaturas máximas menos de 20°C durante o mês. Dessa forma, o calor desconstrói o gradiente vertical, visto que ele possui maior homogeneidade vertical do que o frio. Sendo assim, as altas temperaturas que foram registradas durante o mês de abril fizeram com que o gradiente térmico médio do mês fosse menor.

A Figura 5 mostra a variabilidade da temperatura média diária registrada durante o mês de abril de 2016 na localidade do Cerro do Botucaráí.

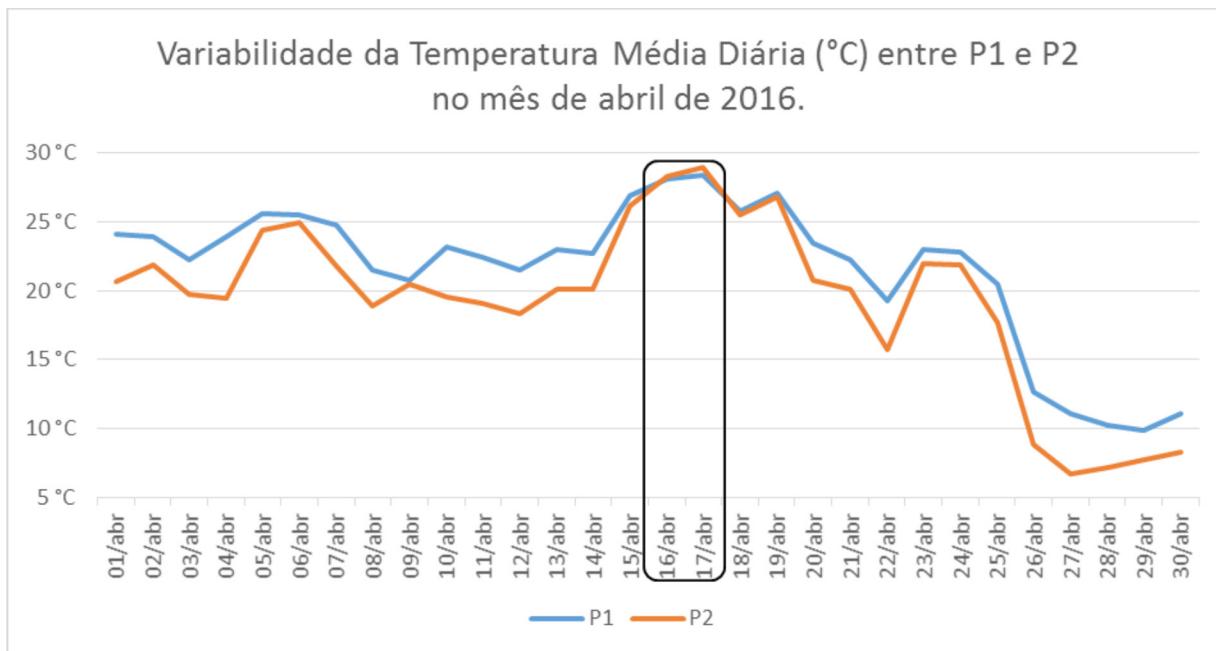


Figura 5 – Variabilidade da Temperatura Média Diária (°C) entre os dois pontos de coleta, P1 e P2, durante o mês de abril de 2016.

É possível observar que as temperaturas do ponto P1 apresentaram-se mais baixas que as temperaturas de P2. Isso ocorre devido a diferença de 469 metros de altitude entre os pontos de coleta de dados. Ainda é possível observar que nos dias 16 e 17 de abril, a temperatura média diária mostra a ocorrência de inversão térmica na análise da média diária, onde o ar no ponto mais alto (P2) encontra-se mais aquecido do que no ponto de menor altitude (P1). Essa inversão térmica foi muito expressiva nos dados noturnos, o que resultou em uma modificação em toda a média térmica do dia e, nos dados coletados, pode ser melhor observada nas primeiras doze horas do dia (0h às 12h), conforme demonstrado na Figura 6.

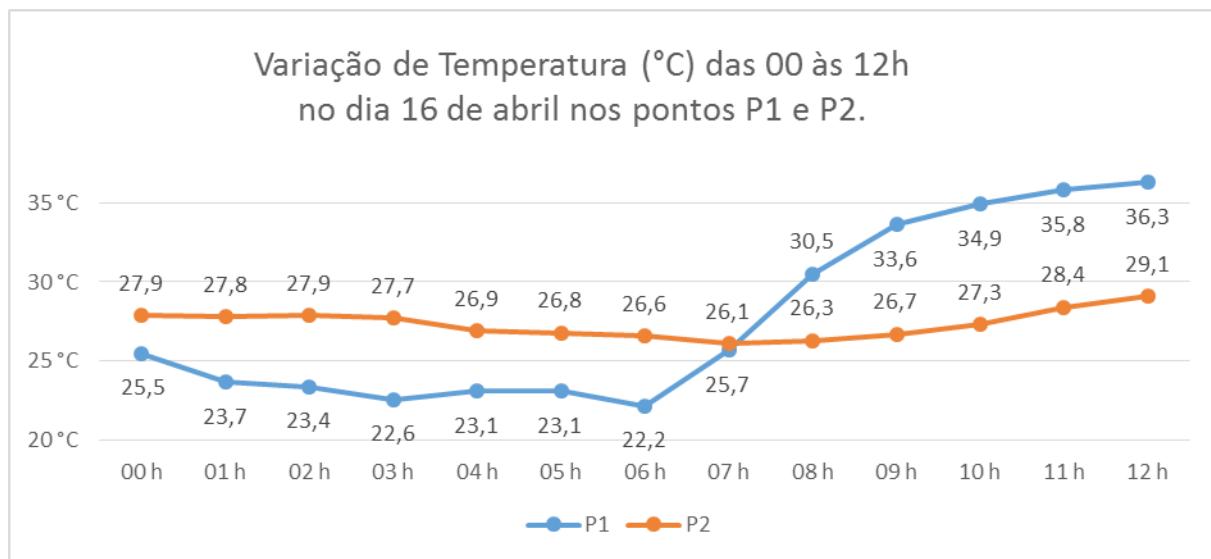


Figura 6 – Variação de Temperatura (°C) das 00h às 12h no dia 16 de abril nos pontos P1 e P2.

Em uma breve análise horária feita com o registro das temperaturas em P1 e P2 nas primeiras 12 horas do dia 16 de abril, é possível observar que as temperaturas registradas em P1 mantiveram-se mais baixas que as registradas em P2, no período entre às 00h e 07 h. A maior diferença de temperatura entre os pontos de coleta durante a ocorrência de inversão térmica nesta data foi registrada às 03 h, onde P1 registrou 22,6°C e P2 registrou 27,7°C, com diferença de 5,1°C entre os dois pontos de coleta. Já a menor diferença foi ocorreu às 07 h, onde o ponto de coleta P1 registrou 25,7°C e P2 26,1°C, com diferença de 0,4°C entre os dois pontos.

Ainda, na Figura 6, observa-se a variação das temperaturas registradas em cada ponto. No ponto P1, durante as primeiras 12 horas do dia 16 de abril houve variação de 14,1°C, com ênfase no notável aumento de temperatura ocorrido entre as 06 e as 08 horas da manhã, onde, em duas horas, a temperatura apresentou diferença de 8,3°C. Já, as temperaturas registradas em P2 durante as primeiras 12 horas da mesma data apresentam menor variação, com diferença de 3°C entre o horário de menor temperatura (26,1°C, registrado às 07 horas da manhã) e o horário de menor temperatura do período (29,1°C, registrado às 12 horas).

Também há ocorrência de inversão térmica na data de 17 de abril, conforme é apresentado na Figura 7, onde o período de análise horária escolhido é o mesmo da data anterior.

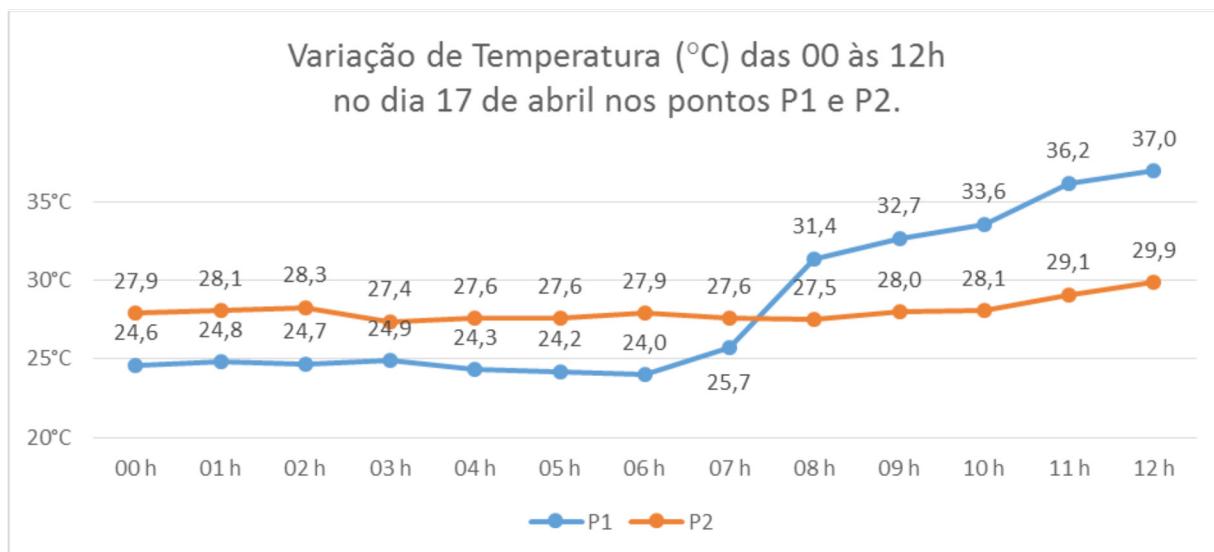


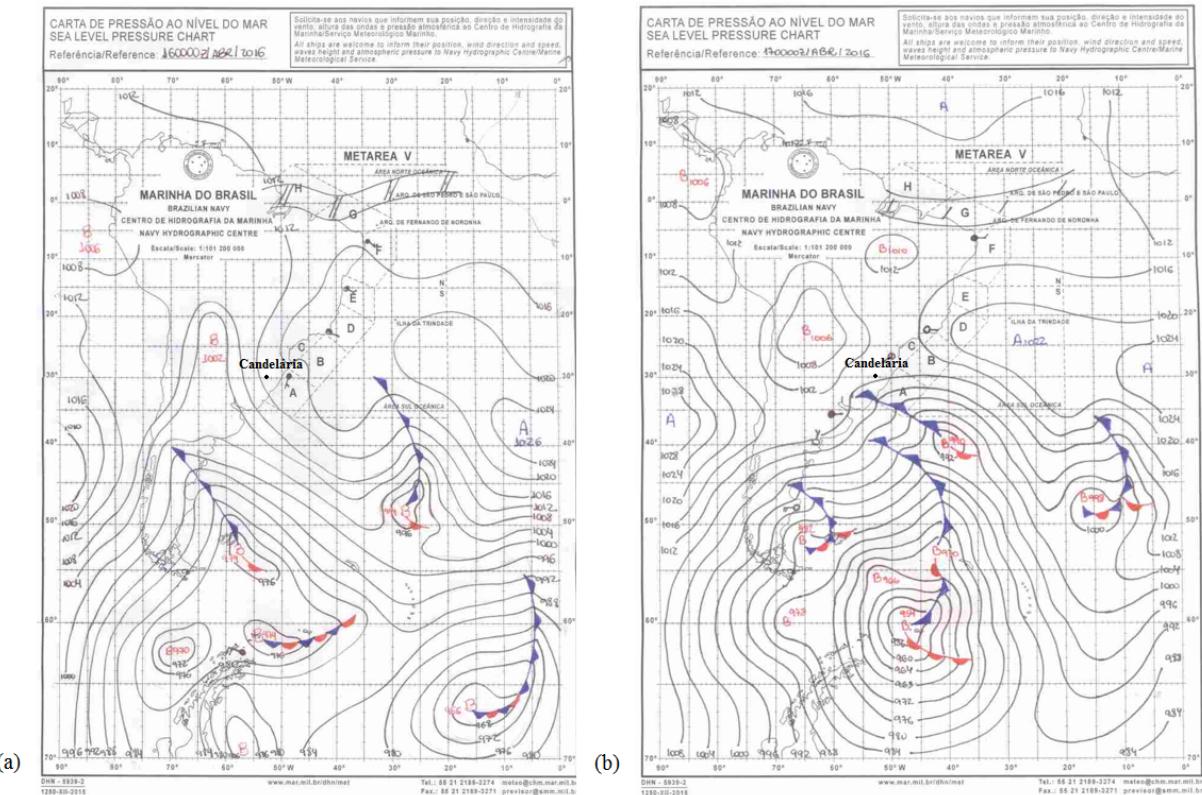
Figura 7 – Variação de Temperatura (°C) das 00h às 12h no dia 17 de abril nos pontos P1 e P2.

Conforme demonstrado na Figura 7, entre às 00h e 07 h do dia 17 de abril houve a ocorrência de inversão térmica entre os pontos P1 e P2, onde as temperaturas registradas em P1, localizado na base do Cerro do Botucarái, foram menores do que as registradas no topo do Cerro de mesmo nome. É possível observar, também, que as temperaturas registradas no dia 17 de abril foram mais altas do que as temperaturas registradas no dia anterior e, também, que a diferença entre as temperaturas registradas em ambos os pontos é menor do que as do dia 16. A maior diferença de temperatura entre os pontos de coleta de dados durante o período de inversão térmica foi de 3,9°C, registrada às 06 h, momento em que P1 registrou temperatura de 24°C e P2 de 27,9°C. A menor diferença de temperatura entre os pontos de coleta ocorreu às 07 h, onde P1 registrou 25,7°C, e P2 registrou 27,6°C, com diferença de 1,9°C entre os dois pontos.

Da mesma forma como ocorrido no dia 16 de abril, nos registros horários de temperatura de cada ponto houve uma expressiva diferença entre as temperaturas registradas. O ponto de coleta P1 apresentou uma variação de temperatura de 13°C dentro das primeiras 12 horas do dia 17 de abril, sendo que dentro de uma hora (entre 07 e 08 h) houve variação

de 5,7°C no mesmo ponto. O ponto P2 apresentou uma menor variação de temperatura dentro das mesmas 12 h, de 2,5°C entre o horário de menor temperatura (27,4°C registrados às 03 h) e o horário de maior temperatura (29,9°C registrados às 12 h).

Para melhor entender o motivo da ocorrência de inversão térmica nos dias 16 e 17 do mês de abril de 2016, foi feita uma breve análise nas cartas sinóticas de superfície das 00h de ambas as datas. As cartas sinóticas encontram-se na Figura 8.



**Figura 08 – Cartas Sinóticas de Superfície referentes as 00h dos dias 16 de abril (a) e 17 de abril (b).**

Na carta sinótica de superfície da 00h do dia 16 de abril (Figura 8(a)) é possível observar o Anticiclone Tropical do Atlântico como o Sistema Atmosférico atuante no estado do Rio Grande do Sul, após o enfraquecimento de um sistema de alta pressão de origem polar e o aquecimento da Massa Polar Atlântica, transformando-se em Massa Polar Velha após este aquecimento. O Rio Grande do Sul encontra-se sob domínio desta Massa Polar Velha, caracterizada pelo aumento das temperaturas máximas (maiores de 25°C) e mínimas (maiores de 15°C), devido a maior insolação ocorrida no período, apresentando grande amplitude térmica.

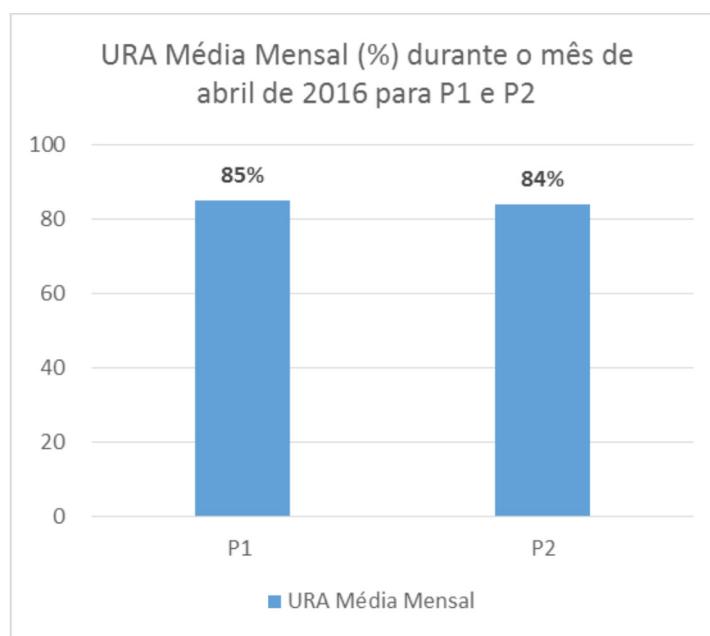
A carta sinótica de superfície da 00h do dia 17 de abril (Figura 8(b)) apresenta a retração do Anticiclone Tropical do Atlântico em direção ao oceano, ocasionada pela aproximação de dois eixos frontais, que encontram-se ao sul do Rio Grande do Sul, um seguindo trajeto pelo continente e o outro com trajetória marítimo. Neste momento o Rio Grande do Sul encontra-se sob influência da Massa Tropical Continental, proveniente da Baixa do Chaco, sistema de baixa pressão localizado ao noroeste do estado, no interior do continente. A influência da Massa Tropical Continental faz com que as temperaturas aumentem, apresentando máximas acima de 35°C.

Dessa forma, a inversão térmica que ocorreu nos dias 16 e 17 de abril na localidade de Cerro do Botucaraí foi ocasionada pelas altas temperaturas ocorridas durante o período diurno, ocasionada pela intensa insolação e pela

atuação das massas de ar respectivas de cada dia, ambas de origem tropical. Visto que a atmosfera sofre aquecimento e resfriamento basal, ou seja, aquece-se ou resfria-se a partir de sua base em direção às camadas mais altas, o calor absorvido em superfície (registrado no P1) demora mais para elevar-se às camadas mais altas da atmosfera (P2). Assim, durante o período noturno, enquanto o ar mais próximo da superfície encontra-se em processo de resfriamento, o ar em locais mais elevados encontra-se mais aquecido, ocasionando, então, o fenômeno da inversão térmica.

Ainda, os sistemas atmosféricos atuantes no Rio Grande do Sul nestes dois dias de análise estão propiciando a ocorrência da inversão térmica.

Na análise das médias mensais e diárias da umidade relativa do ar nos pontos P1 e P2, é possível observar que os valores de umidade são proporcionalmente inversos aos valores de temperaturas registrados nos mesmo pontos. Os valores médios mensais de umidade relativa do ar (URA) registrados no mês de abril encontram-se na Figura 9.



**Figura 9 – Umidade Relativa do Ar média mensal durante o mês de abril de 2016 nos pontos P1 e P2.**

Os valores médios mensais de umidade relativa do ar para o mês de abril apresentam-se de forma inversa aos valores apresentados para temperatura média mensal do mesmo período. A média mensal de umidade relativa do ar no ponto P1 é mais alta do que a média mensal de umidade relativa do ar no ponto P2, com uma variação de 1% entre P1 e P2. A variação diária de umidade durante o mês de abril entre os pontos P1 e P2 ocorre da mesma forma. Os valores médios diários de umidade relativa do ar (URA) dos pontos P1 e P2 encontram-se na Figura 10.

A Figura 10 apresenta as médias diárias de umidade relativa do ar dos pontos P1 e P2 referentes ao mês de abril de 2016. É possível perceber que os valores médios diários de URA mostram-se inversos aos valores médios de temperatura do ar para o mesmo período. Este fato pode ser melhor observado nos dados registrados nas datas de 16 e 17 de abril, onde as temperaturas médias diárias foram as mais altas registradas durante todo o mês de abril, enquanto os valores médios diários de umidade relativa do ar foram os mais baixos. Ainda, no ponto P2, no topo do Cerro do Botucaraí, essa inversão entre os valores médios diários de temperatura e umidade, torna-se mais visível.

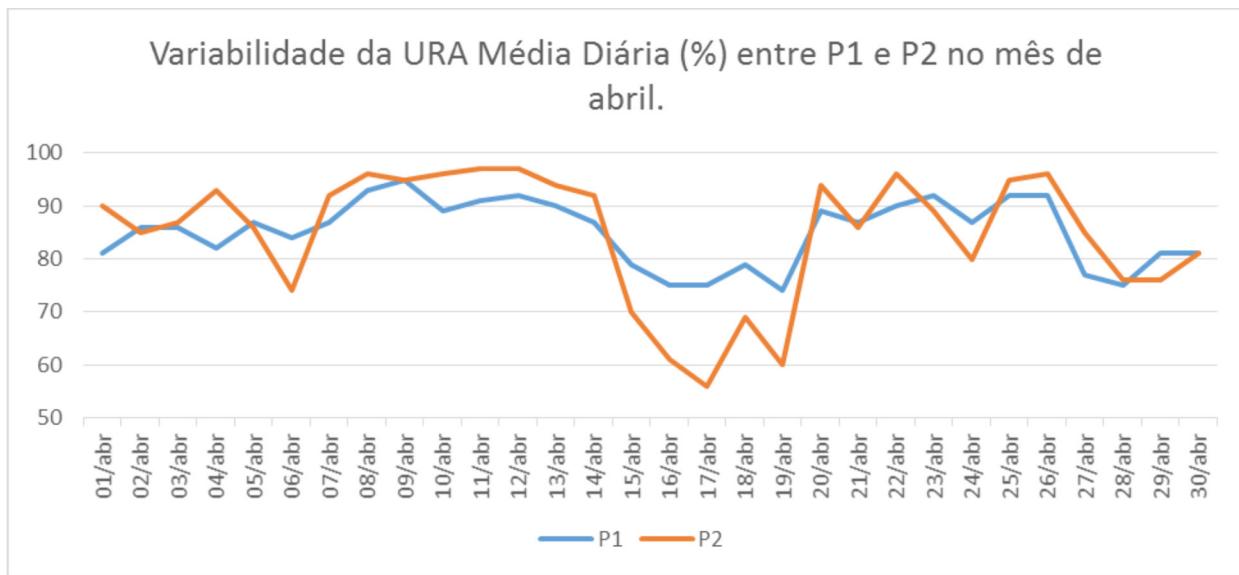


Figura 10 – Variabilidade da média diária da Umidade Relativa do Ar (%) entre P1 e P2 no mês de abril.

## 5.2. Análise termo-higrométrica do mês de maio

Durante a análise da variação de temperatura entre o ponto P1 e P2 também foi possível observar a altitude como principal agente influenciador da variabilidade termo-higrométrica. Cabe ressaltar que, o ponto de coleta P1 encontra-se a 100 metros de altitude acima do nível do mar e o P2, situado no topo do Cerro do Botucaraí, encontra-se a 569 metros de altitude acima do nível do mar, com uma variação de altitude de 469 metros entre eles. Na Figura 11 encontram-se os valores médios mensais de temperatura do ar nos pontos P1 e P2.

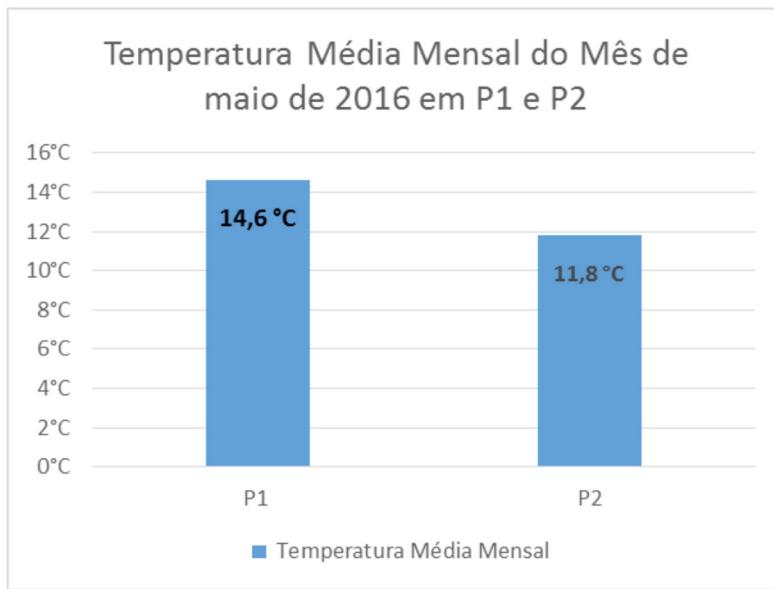


Figura 11 – Temperatura média mensal do mês de maio de 2016 nos pontos P1 e P2

Os valores médios mensais encontrados para a temperatura nos dois pontos mostram que houve uma variação de 2,8°C entre P1 e P2, durante o mês de maio, com o valor de gradiente vertical de menos 0,6°C a cada 100 metros. O

valor de gradiente vertical encontrado na análise topoclimática do Cerro do Botucaraí durante o mês de maio vem ao encontro do que já foi afirmado quanto ao gradiente vertical por Ayoade (2010) e Mendonça; Danni-Oliveira (2009), onde o ar da camada mais baixa da atmosfera varia cerca de 0,6°C a cada 100 metros de altitude. Já a Figura 12 mostra em forma de gráfico a variabilidade da temperatura média diária entre os dois pontos durante o mês de maio.

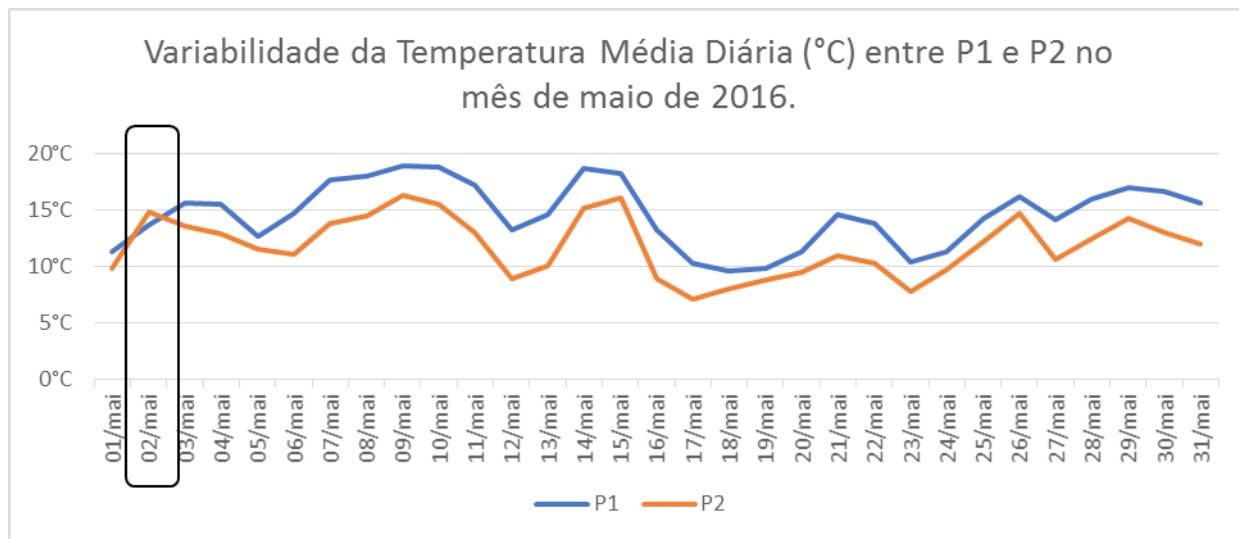


Figura 12 – Variabilidade da Temperatura Média Diária (°C) entre os dois pontos de coleta, P1 e P2, durante o mês de maio de 2016.

É possível observar na Figura 12 que as temperaturas médias registradas no ponto P2 são mais baixas que as registradas no P1, da mesma forma como ocorreu durante o mês anterior. Como já citado anteriormente, a diferença de 469 metros de altitude entre os dois pontos é a principal causa da variabilidade da temperatura.

Ainda, pode-se observar que no dia 02 de maio, há uma inversão no padrão de temperatura média apresentado durante o restante do mês, onde a temperatura média do ponto P2 é maior do que a do ponto P1. Na Figura 13 é apresentado um gráfico das temperaturas registradas nas primeiras 12 horas do dia, onde é possível perceber a inversão das temperaturas entre os dois pontos.

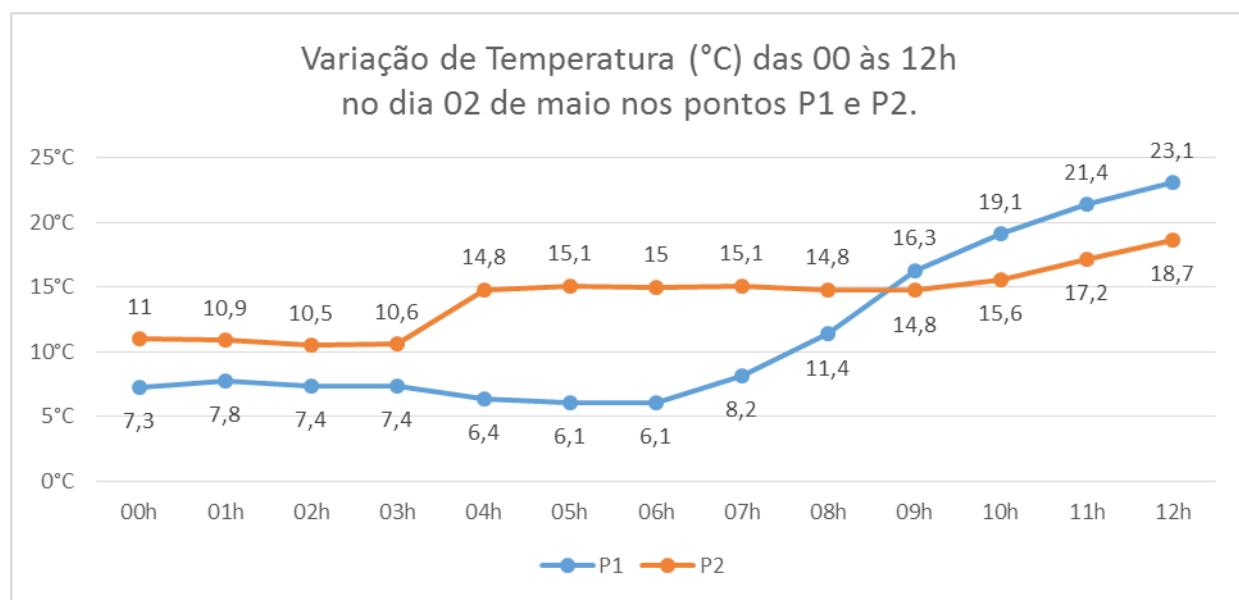
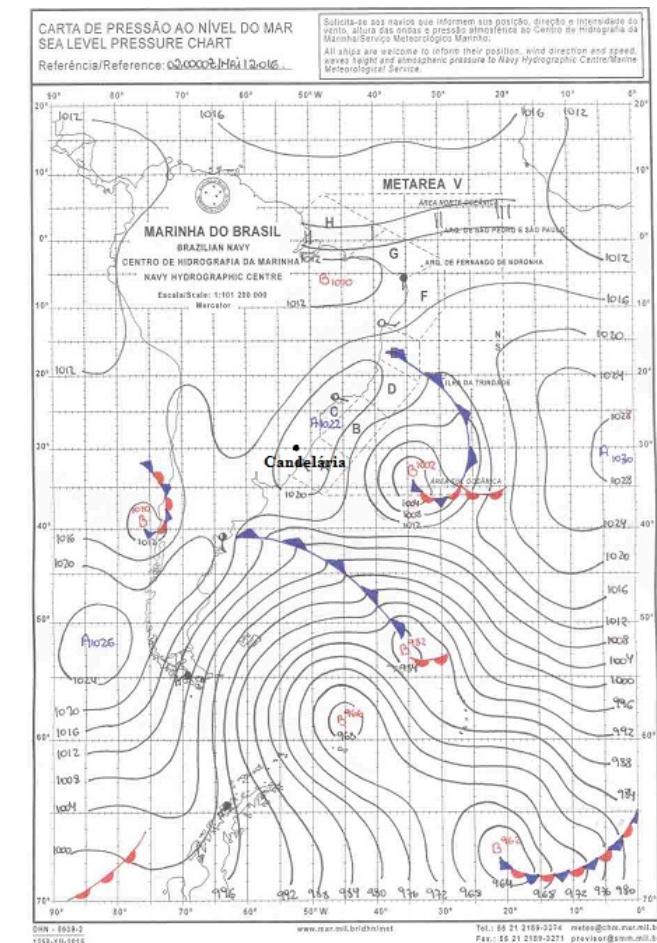


Figura 13 – Variação de temperatura (°C) das 00 às 12 horas no dia 02 de maio nos pontos P1 e P2.

Na Figura 13 é possível perceber que, entre às 00 e 08 h do dia 02 de maio houve ocorrência de inversão térmica nas temperaturas registradas nos pontos P1 e P2, sendo que as temperaturas registradas P1 mostram-se inferiores as temperaturas registradas em P2. Ainda deve-se observar que a maior diferença de temperatura entre P1 e P2 ocorreu às 05 horas, onde P1 registrou 6,1°C enquanto o ponto P2 registrou 15,1°C, com diferença de 9°C entre os dois pontos. A menor diferença foi registrada às 02 horas, onde P1 registrou 7,4°C e P2 10,5°C, com diferença de 3,1°C.

Nota-se também, na análise horária durante o período de inversão térmica que a maior variação de temperatura registrada no P1 ocorreu entre às 07h e 08h, onde a temperatura elevou-se em 3,2°C em uma hora. Já no ponto P2, a maior diferença de temperatura dentro do período de registro de inversão térmica ocorreu entre às 03h e 04 h, onde a temperatura elevou-se 4,2°C em uma hora. Para explicar esta anormalidade dentro do padrão registrado durante o mês, foi analisada a carta sinótica de superfície das 00 horas do dia 02 de maio de 2016 (Figura 14).



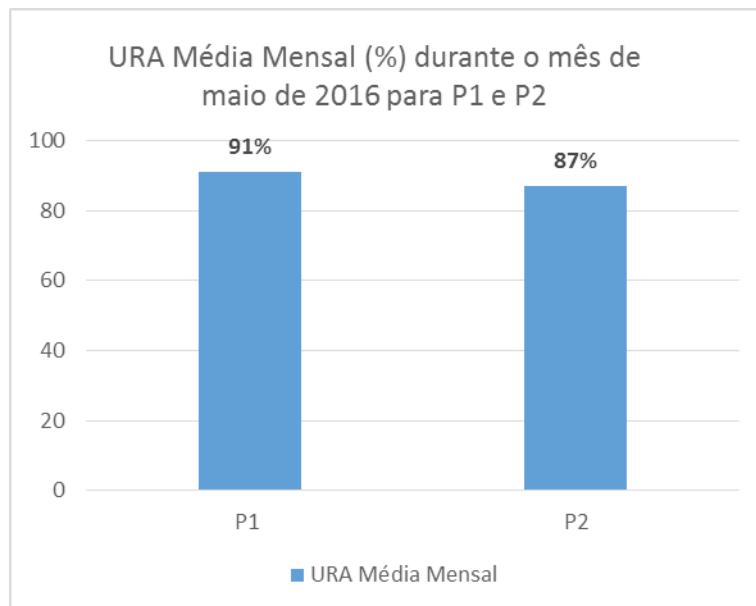
**Figura 14 – Carta de Sinótica de Superfície das 00 h do dia 02 de maio de 2016.**

Em uma breve análise na carta sinótica de superfície da 00 h do referido dia, observa-se que o estado do Rio Grande do Sul encontra-se sob domínio da Massa Polar Atlântica, proveniente do Anticiclone Polar Atlântico. Para Barry e Chorley (2013) o movimento vertical da atmosfera depende do tipo de sistema de pressão, ou seja, nas áreas de alta pressão, onde costumam haver a subsidênciia do ar, pode ocorrer o aquecimento de camadas mais profundas de ar. Este aquecimento do ar mais elevado reduz o gradiente de temperatura, e pode causar inversões térmicas na troposfera anterior.

anterior.

Assim, pode-se afirmar que no dia 02 de maio de 2016, na localidade do Cerro do Botucaraí, houve o registro de uma inversão térmica dentro do período da análise. Durante o restante do mês, entre o P1 e o P2, houve uma variação média de temperatura de 3,7°C, sendo a maior variação de temperatura registrada foi de 4,4°C entre P1 e P2 no dia 16 de maio e, a menor variação de temperatura foi de 1°C no dia 19 de maio.

Quanto a análise das médias mensais e diárias da umidade relativa do ar no ponto P1 e P2, pode-se observar que os valores de umidade são proporcionalmente inversos aos valores de temperatura registrados. Os valores médios mensais de umidade relativa do ar (URA) encontram-se na Figura 15.



**Figura 15 – Umidade Relativa do Ar média mensal durante o mês de maio de 2016 nos pontos P1 e P2.**

De forma contrária aos resultados apresentados para as temperaturas, os valores médios mensais de umidade relativa do ar são mais altos para o P1 do que P2, com uma diferença de 4% entre os dois pontos. A variabilidade diária ocorre da mesma forma, como apresentado da Figura 16.

Observa-se na Figura 16 que, durante o mês de maio, o valor médio diário de URA registrado no dia 02 de maio mostra-se atípico, sendo que, como visto anteriormente, nesta mesma data ocorreu um episódio de inversão térmica, onde a média de temperatura diária no registrada no ponto P1 (100 metros de altitude acima do nível do mar) foi menor do que a registrada em P2 (569 metros de altitude acima do nível do mar), com uma diferença de 17% de URA entre os dois pontos, sendo esta a maior diferença de umidade relativa do ar entre P1 e P2 registrada durante todo o período do mês de maio.

Dessa forma, é possível afirmar que a variabilidade da URA dos pontos P1 e P2 ocorre simultânea a variabilidade da temperatura, e que a diferença dos valores de URA registrados entre os dois pontos de coleta de dados durante o mês de maio mostra-se maior na data de ocorrência de inversão térmica, não sendo possível atribuir nenhum outro fator para a ocorrência deste fenômeno.

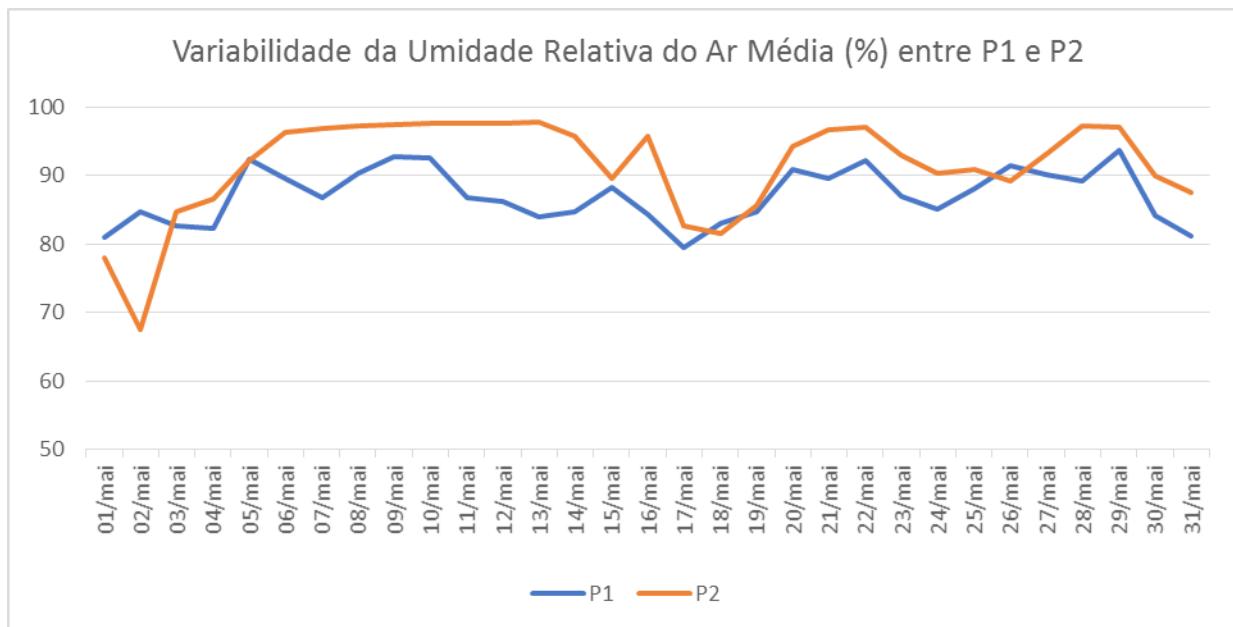


Figura 16 – Variabilidade da média diária da Umidade Relativa do Ar (%) entre P1 e P2 no mês de maio.

Ainda, pode-se afirmar também que os valores médios de URA estão altos, e, afirma-se novamente, inversamente proporcionais aos valores médios de temperatura devido ao período do ano ao qual foi feita a coleta de dados, durante o outono, período de transição entre o verão e o inverno no Hemisfério Sul, e momento em que as temperaturas na região Sul do Brasil começar a entrar em declínio.

## 6 Conclusões

Com o resultado das análises das médias diárias e mensais feitas com os dados registrados durante os meses de abril e maio de 2016, pode-se observar a existência da variação de temperatura e umidade relativa do ar entre o ponto P1 e P2, dentre os quais há uma diferença altimétrica de 469 metros.

Também pode-se afirmar que durante os meses de abril e maio de 2016, os valores médios mensais e diários de temperatura foram mais altas no ponto P1, a 100 metros de altitude acima do nível do mar, e mais baixas no ponto P2, de maior altitude (569 metros acima do nível do mar). Já os valores médios mensais de umidade relativa do ar apresentaram variação de forma inversa a variação de temperatura, obtendo valores mais altos no ponto P2 de maior altitude e valores menores do ponto P1 de menor altitude.

Quanto aos valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar registrados durante os meses de abril e maio de 2016, observa-se também o mesmo tipo de variação entre os pontos P1 (localizado na base do Cerro do Botucaraí) e P2 (localizado no topo do Cerro do Botucaraí), onde P1 apresenta valores mais altos de temperatura enquanto em P2 as temperaturas registradas foram mais baixas em relação à P1. Da mesma forma os valores médios diários de umidade relativa do ar comportaram-se de forma inversa aos valores registrados para as temperaturas médias diárias. A mesma variação entre as temperaturas médias diárias e as médias diárias de umidade relativa do ar nos episódios dos dias 16 e 17 de abril e 02 de maio, onde houve inversão térmica e higrométrica entre os pontos P1 e P2.

Ainda, foram identificados três episódios de ocorrência de inversão térmica durante os dois meses analisados, sendo dois deles durante o mês de abril e um no mês de maio. As duas ocorrências de inversão térmica do mês de abril foram causadas devido a alta insolação no local durante o período diurno, ocasionando maior aquecimento das camadas mais baixas da atmosfera, fazendo com que, durante o período noturno, as camadas mais baixas perdessem este calor para as camadas mais altas, resgatando assim temperaturas inferiores as camadas superiores. O episódio de ocorrência de inversão térmica do mês de maio foi causada pela passagem do Anticiclone Polar Atlântico e sua massa de ar polar, acumulando o ar mais frio e denso na camada da atmosfera mais próxima da superfície, fazendo assim com que o ar mais aquecido elevasse-se em altitude, ocasionando a inversão térmica registrada.

Já os valores encontrados para o gradiente vertical após análise da variação de temperatura média mensal entre o topo e a base do Cerro do Botucarái nos meses de abril e maio foram divergentes. Para o mês de abril o valor do gradiente vertical encontrado foi de 0,4°C a cada 100 metros de altitude, enquanto para o mês de maio o valor de gradiente vertical foi de 0,6°C a cada 100 metros de altitude. Ayoade (2010) e Mendonça e Danni-Mendonça (2009) afirmam que a variação do gradiente vertical da atmosfera é de menos 0,6°C na temperatura a cada 100 metros elevados em altitude. Porém, para Barry e Chorley (2013), o gradiente vertical da atmosfera não possui um valor constante, por isso pode sofrer influência da localização e sazonalidade, o que justifica o gradiente vertical atmosférico de 0,4°C, encontrado para o mês de abril de 2016.

Conforme os resultados encontrados nesta pesquisa, os dados registrados nos dois pontos de coleta (P1 e P2) podem vir a favorecer pesquisas futuras, concentradas na análise das temperaturas registradas no período noturno e na taxa de resfriamento e aquecimento do ar durante todo o período de registro dos dados.

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – N° Processo: 88881.068465/2014/01 – Projeto n° 071/2013 CAPES/PROCAD.

## Referências

- AYOADE, J. O. Introdução a Climatologia para os Trópicos. 10 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil; 2002.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. Atmosfera, Tempo e Clima. 9 ed. Porto Alegre: Bookman; 2013.
- BORSATO, V. A dinâmica climática do Brasil e massas de ares. 1 ed. Curitiba: Editora CRV; 2016.
- DA-ROSA, A. A. Stock (Org.). Vertebrados fósseis de Santa Maria e Região. Santa Maria: Ed. Pallotti, 2009. 480 p.
- FALCÃO, R. M. et. al. Análise da Variação da Umidade Relativa do Ar do Pico da Bandeira, Parque Nacional Alto Caparaó, Brasil. VI Seminário Latino Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra. Maio, 2010.
- FIBGE - PROJETO RADAMBRASIL. Folha SH. 22/Porto Alegre e parte das folhas SH. 21/Uruguaiana e SI. 22/ Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. IBGE, 1986. V. 32, 796 p.

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. de; FALCÃO, R. M. Ocorrência de Inversão Térmica no Perfil Topoclimático do Pico da Bandeira, Parque Nacional do Alto Caparaó, Brasil. VI Seminário Latino Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra. Maio, 2010.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. Novo dicionário geológico - geomorfológico. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil; 1997.

HINTZ, M. M. Retalhos de Candelária, RS da pré-história à colonização européia. vol.1. Gráfica ALS Schmachtenberg; 2006.

HOPPE, I. L.; BARATTO, J.; WOLLMANN, C. A. Perfil Topoclimático do Cerro Comprido no Município de Faxinal do Soturno/RS – Uma Análise Termo-Higrométrica. REVISTA GEONORTE. 2012; Edição Especial 2, v.1, n.5, p. 706-718, 2012.

KÖPPEN, W. Climatología. 2 ed. México – Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica, 1931.

RIBEIRO, A. G. As escalas do Clima. Boletim de Geografia Teorética. 1993; v. 23, p. 45-46.

RIO GRANDE DO SUL, Ministério Público Estadual. Programa de Atuação Integrada por Bacias Hidrográficas. [Internet]. Porto Alegre, 2015. Acesso em: 23 nov, 2016. Disponível em: <[https://www.mprs.mp.br/areas/paibh/arquivos/bacias/municipios\\_de\\_abrangencia\\_da\\_bacia\\_jacui.pdf](https://www.mprs.mp.br/areas/paibh/arquivos/bacias/municipios_de_abrangencia_da_bacia_jacui.pdf)>.

SARTORI, P. L. P.; SARTORI, M. G. B. Um Brasil de Montanhas. Ciência e Natura. 2004; v.2, n. 26, p. 61-74.

TORRES, F. T. P; MACHADO, P. J. O. Introdução a Climatologia. São Paulo, Oficina de Texto, 2012.