

O CLIMA E SUA INFLUÊNCIA NA DISTRIBUIÇÃO DA FLORESTA OMBRÓFILA DENSA NA SERRA DA PRATA, MORRETES, PARANÁ

Christopher Thomas Blum¹, Carlos Vellozo Roderjan², Franklin Galvão²

¹Eng. Florestal, Dr., Sociedade Chauá, Curitiba, PR, Brasil - blumct@gmail.com

²Eng. Florestal, Dr., Depto. de Ciências Florestais, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - roderjan@ufpr.br; fgalvao@ufpr.br

Recebido para publicação: 10/11/2010 – Aceito para publicação: 13/05/2011

Resumo

O estudo teve como objetivo caracterizar aspectos climáticos, com enfoque na temperatura e umidade relativa do ar e sua influência sobre a distribuição da vegetação numa encosta da Serra da Prata, Morretes, Paraná, coberta pelas formações Submontana e Montana da Floresta Ombrófila Densa. Entre julho de 2009 e junho de 2010 foram obtidos dados meteorológicos, aos 400 e 1.000 m s.n.m. As temperaturas médias no período foram 19,0 °C (400 m) e 16,3 °C (1.000 m). A taxa de redução térmica com a elevação altitudinal foi 0,44 °C/100 m. Detectou-se uma região de transição climática em torno dos 700 m de altitude, com o clima Cfb acima e o Cfa abaixo. A isoterma da temperatura média de 13 °C no mês mais frio, estimada para a região dos 800 m s.n.m., coincide com o limite inferior de ocorrência da formação Montana, denotando a influência das baixas temperaturas na diferenciação da vegetação. As médias de umidade relativa do ar foram elevadas, devido ao constante aporte das massas de ar úmido oriundas do oceano. As médias das amplitudes diárias de temperatura e umidade foram muito semelhantes para as duas altitudes, demonstrando que a variação altitudinal parece não exercer influência sobre suas variações diárias na encosta estudada.

Palavras-chave: Gradiente altitudinal; Serra do Mar; Floresta Atlântica; temperatura; umidade relativa do ar.

Abstract

Climate and his influence over the Atlantic Dense Rainforest distribution in the Prata Mountain Range, Morretes, Paraná, South Brazil. This study aimed to characterize climatic aspects, focusing air temperature and relative humidity, as well as its influence to vegetation distribution in a slope of Prata Mountain Range, Morretes, Paraná, covered by Submontane and Montane formations of the Atlantic Rainforest. Between July of 2009 and June of 2010 meteorological data was collected, at 400 and 1,000 m a.s.l. The average temperature along this period was 19.0 °C (400 m) and 16.3 °C (1,000 m). The temperature lapse rate was 0.44 °C/100 m. It was detected a climatic transition region at about 700 m a.s.l., with the Cfb type above, and the Cfa type below. The isotherm of the average temperature of 13 °C in the coldest month, estimated for the region of about 800 m a.s.l., agrees with the inferior limit of the Montane formation, denoting influence of low temperatures in the vegetation distinction. The air relative humidity average was high, because the regular arrival of moist air masses from the ocean. The average of daily amplitude of temperature and relative humidity were very similar for both studied altitudes, denoting not apparent influence of the altitudinal variation to the daily variation of these climatic variables in the slope.

Keywords: Altitudinal gradient; Serra do Mar; Atlantic Ombrophilous Dense Forest; temperature; air relative humidity.

INTRODUÇÃO

A região costeira do Sul do país é caracterizada pela Floresta Ombrófila Densa (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 1992). Sua exuberância e riqueza devem-se, em grande parte, a fatores climáticos favoráveis, como temperatura e umidade elevadas, com precipitação bem distribuída ao longo do ano (KLEIN, 1979; LEITE; KLEIN, 1990), aspectos que no Paraná atingem sua expressão máxima na face oriental da Serra do Mar (MAACK, 1981).

Além disso, por apresentar grandes amplitudes de ocorrência latitudinal e altitudinal, a Floresta

Ombrófila Densa possui elevada diversidade de espécies e de fisionomias. A diversificação ambiental decorrente da interação de múltiplos fatores abióticos é um importante aspecto dessa região fitoecológica, com considerável influência sobre a dispersão e o crescimento de suas espécies vegetais, o que resulta na existência de cinco formações com florística e estrutura distintas (WETTSTEIN, 1970; LEITE; KLEIN, 1990). Nas planícies ocorrem as formações Aluvial e Terras Baixas, enquanto que nos ambientes montanhosos ocorrem as formações Submontana, Montana e Altomontana, que refletem fisionomias diferentes, de acordo com as variações ecotípicas das faixas altimétricas (IBGE, 1992).

A diferenciação florística em áreas serranas se deve, em grande parte, ao gradiente climático decorrente da variação altitudinal, aspecto já abordado em estudos sobre a distribuição da Floresta Ombrófila Densa na Serra do Mar paranaense (RODERJAN; GRODZKI, 1999; BLUM, 2006). Vanhoni e Mendonça (2008) destacam que a configuração do relevo da Serra do Mar é o fator mais importante na caracterização climática da costa paranaense, contribuindo para a existência de climas distintos, condicionados pelas diferenças altitudinais e pelas formas topográficas. Maack (1981) já ressaltava as chuvas orográficas originadas pelas massas de ar quente e úmido que se acumulam na face leste dos maciços costeiros, garantindo para a Serra do Mar os mais elevados índices pluviométricos do Paraná. A interceptação das massas de ar também garante a manutenção da temperatura e de altas taxas de umidade do ar.

Dentre as variáveis climáticas, a temperatura exerce importante influência sobre a vegetação, sendo determinante na diferenciação florística ao longo de gradientes altitudinais (TROPPIAIR, 1987; PENDRY; PROCTOR, 1996; RICHTER, 2000; BEGON *et al.*, 2006; BROWN; LOMOLINO, 2006). Dentro desse contexto, as temperaturas baixas parecem ser especialmente relevantes na determinação dos limites de ocorrência altitudinal de certas espécies (WURTHMAN, 1984; NIMER, 1990; ZOTZ, 2005).

A despeito da grande importância inerente às relações ecológicas entre clima e vegetação no ambiente da Serra do Mar, os estudos sobre clima nessa região são muito escassos no Paraná, principalmente devido às dificuldades logísticas derivadas do difícil acesso, pelo relevo acidentado. Única exceção foi o trabalho desenvolvido por Roderjan e Grodzki (1999), que acompanharam variações de temperatura, umidade e precipitação ao longo de um ano na Serra da Baitaca, no município de Quatro Barras.

Visando contribuir para um maior conhecimento sobre os aspectos climáticos da Serra do Mar paranaense, o presente estudo teve como objetivos: 1) caracterizar e comparar os padrões de temperatura e umidade relativa do ar em duas altitudes distintas na porção norte da Serra da Prata; 2) identificar o limite altitudinal entre os climas Cfa e Cfb na encosta estudada; 3) verificar relações entre variáveis meteorológicas e a distribuição altitudinal das formações Submontana e Montana da Floresta Ombrófila Densa na área de estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A encosta estudada localiza-se na face norte da Torre da Prata, ponto culminante da Serra da Prata, dentro do município de Morretes, Paraná (Figura 1). A maior parte dessa serra é abrangida pelo Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, criado em 2001, com 25.000 ha (SIEDLECKI *et al.*, 2003).

O acompanhamento das variáveis meteorológicas foi realizado nas cotas 400 e 1.000 m s.n.m., em pontos próximos à trilha de acesso à Torre da Prata (48°41'59,39" W, 25°36'46,39" S). O embasamento geológico local é constituído pelo granito Rio do Poço (LOPES, 1987), originando Neossolos Litólicos e Cambissolos rasos nas porções mais elevadas, além de Cambissolos mais profundos e Argissolos nos trechos intermediários e inferiores (CURCIO, 1992; BLUM; RODERJAN, 2007). A cobertura vegetal do trecho estudado é caracterizada pela Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 1992), representada pelas formações Submontana (abaixo dos 600 m s.n.m.) e Montana (acima dos 800 m s.n.m.) (BLUM; RODERJAN, 2007).

De acordo com a classificação de Koeppen, a Serra do Mar, que abrange também a Serra da Prata, é influenciada por dois tipos climáticos - Cfa e Cfb -, definidos por diferenças de temperatura devidas à variação altitudinal (INSTITUTO AGRONÔMICO DO ESTADO DO PARANÁ - IAPAR, 1978). As porções inferiores da serra são caracterizadas pelo clima Cfa, subtropical superúmido mesotérmico e com verões quentes. Esse tipo climático apresenta temperaturas médias entre -3 °C e 18 °C

no mês mais frio e superiores a 22 °C durante o mês mais quente. Nas partes mais elevadas, o clima enquadra-se como Cfb, também subtropical superúmido mesotérmico, mas com verões amenos, médias térmicas mais baixas e a possibilidade de ocorrência de geadas no inverno. A temperatura média do mês mais quente não ultrapassa 22 °C (IAPAR, 1978; MAACK, 1981; NIMER, 1990; SOARES; BATISTA, 2004).

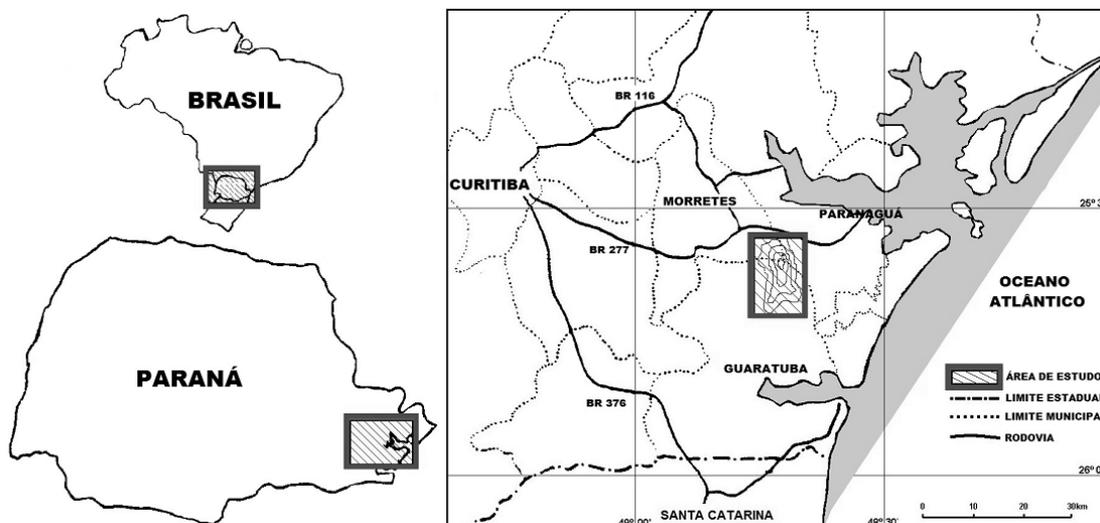


Figura 1. Localização da área de estudo (Serra da Prata).

Figure 1. Location of the studied area (Prata Mountain Range).

A região é caracterizada por índices pluviométricos que variam entre 2.000 a 3.000 mm, com máximos mensais nos meses de verão. Os valores de umidade relativa do ar para a região da Serra do Mar são bastante elevados, variando entre 80 e 90% (IAPAR, 1978, VANHONI; MENDONÇA, 2008).

Métodos

Foram instalados dois registradores de umidade e temperatura do ar nas extremidades do trecho de interesse (400 e 1.000 m s.n.m) (Figura 2). A distância aproximada entre os dois pontos de monitoramento é de 2 km. Devido ao elevado porte das florestas existentes e à inexistência de clareiras suficientemente amplas, não foi possível a instalação de pluviômetros.

Os aparelhos registradores utilizados foram do tipo UTReg modelo S1615, originalmente desenvolvido para atender demandas em atividades agrônomicas. O registrador UTReg S1615 é um sistema de coleta e armazenamento de leituras de umidade e temperatura desenvolvido para operação não supervisionada. É composto de um dispositivo coletor de dados (*data logger*) e um sensor de umidade relativa e temperatura do ar, integrados em módulo compacto. O *data logger* dispõe de uma interface serial padrão RS-232C, através da qual são baixados os dados para um microcomputador. Os sensores de umidade relativa e temperatura são integrados e microprocessados, fornecendo uma saída digitalizada com resolução de 12 bits. Ambos são calibrados e apresentam uma margem de erro de $\pm 2\%$ para umidade e $\pm 0,4$ °C para temperatura. O *data logger* efetua internamente a correção da leitura de umidade relativa com relação à tensão de alimentação e à temperatura, para aumentar a exatidão da medida (SQUITTER, 2004).

Para proteger os registradores das intempéries, foram utilizados abrigos plásticos convencionais. Ambos os registradores foram instalados em 28 de junho de 2009, a cerca de 12 m do solo, na copa de árvores cujo porte e arquitetura se mostraram adequados para uma fixação estável e para sua acessibilidade. Os registradores foram protegidos por grade de ferro galvanizado, para evitar danos causados pela fauna arborícola. O acesso aos equipamentos foi realizado por escalada, utilizando-se equipamento de segurança específico para esse fim.



Figura 2. Face norte da Torre da Prata, com indicação dos locais de registro dos dados climáticos (esquerda) e massas de ar úmido acumuladas na face leste da Torre da Prata (direita). (Foto: Ruddy T. Proença).

Figure 2. North face of the Prata Mountain, indicating the places where the climatic data were recorded (left) and accumulation of moist air masses in the east face of the Prata Mountain (right). (Photo: Ruddy T. Proença).

Os registradores foram programados para fazer leituras a cada 10 minutos, totalizando cerca de 4.320 dados por mês. Nessa configuração, a memória do *data logger* é preenchida em cerca de 60 dias, sendo esta a periodicidade com que se efetuou as visitas para coleta dos dados armazenados.

A partir dos registros obtidos ao longo de um ano de monitoramento, entre julho de 2009 e junho de 2010, foram calculadas: temperaturas médias diárias, mensais e do período; as médias das temperaturas máximas e mínimas diárias, mensais e do período; as URs médias diárias, mensais e do período; e as médias das URs máximas e mínimas diárias, mensais e do período. Também foram identificadas as temperaturas máxima e mínima absolutas de cada mês. Para a quantificação do número de dias por mês com UR 100% durante todo o período (24 horas), foram contabilizados registros entre 98,5 e 100%, considerando a margem de erro dos sensores ($\pm 2\%$). Devido a imprevistos logísticos, a coleta de dados aos 1.000 m abrangeu um período menor nos meses de outubro e fevereiro, respectivamente de 12 e 18 dias. O mesmo ocorreu aos 400 m nos meses de novembro, fevereiro e junho, durante os quais foram totalizados, respectivamente, 27, 18 e 21 dias de coleta.

As médias diárias de temperatura (T) e umidade relativa (UR) do ar foram obtidas através das mesmas fórmulas utilizadas pelo Serviço Agrometeorológico do IAPAR, descritas a seguir:

$$T \text{ média diária} = [T \text{ máxima} + T \text{ mínima} + T \text{ 9:00h} + (2 \times T \text{ 21:00h})] \times 5^{-1}$$

$$UR \text{ média diária} = [UR \text{ 9:00h} + UR \text{ 15:00h} + (2 \times UR \text{ 21:00h})] \times 4^{-1}$$

Os dados registrados no mesmo período pela estação meteorológica de Morretes (Código 02548038 - 25°30'S / 48°49'W), cedidos pelo IAPAR, foram utilizados para comparação e avaliação da consistência dos dados obtidos na Serra da Prata. A estação do IAPAR situa-se aos 59 m s.n.m., cerca de 16 km a noroeste da área de estudo.

Com o objetivo de definir o limite entre os tipos climáticos Cfa e Cfb ao longo da encosta norte da Torre da Prata, foram estimadas as temperaturas médias do mês mais quente para sete cotas altimétricas existentes entre 400 e 1.000 m s.n.m. Para tal, foi utilizada a média histórica (24,7 °C) resultante de dados coletados entre 1966 e 2009 na estação meteorológica de Morretes (IAPAR, 2010). Sobre essa média foram aplicadas duas taxas distintas de variação térmica altitudinal. Para o desnível entre a estação meteorológica de Morretes e a cota dos 400 m na Serra da Prata, foram reduzidos 0,5 °C a cada 100 m de acréscimo na altitude, valor médio proposto por Maack (1981) para a Serra do Mar paranaense. Para as altitudes situadas acima dos 400 m, utilizou-se a taxa média de variação obtida no presente estudo, de -0,44 °C a cada 100 m de elevação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos 12 meses compreendidos entre 1º de julho de 2009 e 30 de junho de 2010, as temperaturas médias registradas nas cotas 400 e 1.000 m foram 19,0 °C e 16,3 °C, respectivamente (Tabela 1). A diferença média de temperatura entre os dois níveis altitudinais foi de 2,7 °C, sempre maior aos 400 m. Considerando o desnível de 600 m entre as estações, extrai-se daí o valor de 0,44 °C de variação a cada 100 m de desnível altitudinal.

A temperatura decresce proporcionalmente à elevação da altitude, fenômeno relacionado à redução na pressão atmosférica e que recebe a denominação de esfriamento adiabático (TUBELIS; NASCIMENTO, 1983; SOARES; BATISTA, 2004; BEGON *et al.*, 2006). Segundo os referidos autores, em situação de ar seco existe uma queda de 1 °C a cada 100 m de aumento na altitude. Quando o ar está saturado, ocorre uma amenização do gradiente de resfriamento, cuja variação passa a ser em torno de 0,6 °C a cada 100 m.

No entanto, Soares e Batista (2004) ressaltam que o gradiente adiabático úmido não é constante, por depender da temperatura, pressão e quantidade de vapor d'água. Tubelis e Nascimento (1983) destacam que pode haver variação de 0,4 °C a 1 °C/100 m, dependendo de cada situação. Por esse motivo, existe razoável variação nos valores reportados por outros autores que abordaram o clima na Serra do Mar paranaense. Maack (1981) determinou genericamente que na Serra do Mar ocorre a variação térmica de 0,5 °C a cada 100 m de desnível. Na Serra da Baitaca, Roderjan e Grodzki (1999) obtiveram índice de 0,56 °C, enquanto que na Serra do Marumbi foi reportado um índice de variação de 0,54 °C (ROCHA, 1999).

A menor variação de temperatura entre os níveis altitudinais na encosta norte da Torre da Prata pode ser devida à sua maior proximidade com o mar, que se situa a apenas 12 km da baía de Antonina. Reforçando essa hipótese, Begon *et al.* (2006) ressaltaram a importância do efeito moderador que o oceano exerce sobre a temperatura. Segundo esses autores, as variações térmicas nas proximidades do mar são menores do que as observadas em localidades mais interiorizadas. Esse aspecto também foi descrito para a porção leste do Vale do Itajaí (SC), onde as oscilações térmicas são sensivelmente mais amenas devido à ação moderadora do oceano (KLEIN, 1979). Vanhoni e Mendonça (2008) destacam que a maritimidade é um relevante fator de influência sobre distinções climáticas em escala local.

Tabela 1. Valores de temperatura (°C) obtidos aos 400 e 1.000 m na encosta norte da Torre da Prata, Morretes, PR, entre julho de 2009 e junho de 2010.

Table 1. Temperature values (°C) obtained at 400 and 1,000 m in the north slope of the Prata Mountain, Morretes, Paraná, Brazil, between July of 2009 and June of 2010.

Mês/ano	Média		Mínima média		Mínima absoluta		Máxima média		Máxima absoluta	
	400m	1.000m	400m	1.000m	400m	1.000m	400m	1.000m	400m	1.000m
Jul/2009	14,3	12,1	12,5	9,7	8,5	5,8	16,8	14,8	23,8	22,8
Ago/2009	16,2	14,5	13,4	11,4	10,6	6,3	20,0	18,4	27,9	26,2
Set/2009	16,9	14,4	14,9	12,0	9,7	5,8	19,7	17,3	29,1	26,9
Out/2009	17,7	15,5	15,3	12,8	11,6	8,0	20,9	18,5	33,2	25,9
Nov/2009	22,5	19,5	19,8	16,8	16,1	12,8	26,6	23,5	36,4	31,6
Dez/2009	21,8	18,2	19,3	16,0	16,0	12,7	25,6	21,4	29,8	26,6
Jan/2010	22,4	19,4	20,3	17,3	17,9	14,5	26,1	22,6	31,8	27,5
Fev/2010	22,8	20,5	21,2	18,5	17,4	12,8	27,6	24,0	35,7	31,2
Mar/2010	21,7	18,6	19,6	16,6	16,8	13,3	25,1	21,9	31,2	27,5
Abr/2010	19,1	16,1	17,0	13,8	13,0	8,8	22,3	19,9	27,5	27,3
Mai/2010	17,4	14,2	15,8	11,9	13,0	7,8	19,8	17,0	24,7	22,8
Jun/2010	15,3	13,1	13,9	10,5	10,4	6,7	18,2	16,4	26,5	24,9
Média	19,0	16,3	16,9	14,0	-	-	22,4	19,6	-	-

Os meses de junho e julho foram os que apresentaram as médias mais baixas em ambas as altitudes. A temperatura mínima absoluta (8,5 °C) registrada aos 400 m no período considerado ocorreu em julho, às 9h10min do dia 24. A mínima absoluta (5,8 °C) aos 1.000 m foi registrada em duas ocasiões: às 2h50min do dia 12 de julho e às 7h50min do dia 30 de setembro. Roderjan e Grodzki (1999), em

estação situada aos 1.135 m na Serra da Baitaca, cerca de 40 km a noroeste da área de estudo, verificaram médias consideravelmente mais baixas para o mesmo período (registros de 1993), em torno de 1,6 °C a menos. Considerando a diferença altitudinal de 135 m entre as duas estações e a taxa média de variação da temperatura com a altitude (0,6 °C/100 m) proposta por Tubelis e Nascimento (1983), Soares e Batista (2004) e Begon *et al.* (2006), seria presumível inferir que a diferença entre as médias deveria ser de apenas 0,8 °C, duas vezes menor do que a obtida. Esse resultado deve-se, em parte, às diferenciações das metodologias utilizadas e do ano de registro, mas também é possível que a maior proximidade com o mar favoreça temperaturas mais amenas na Serra da Prata, em comparação às verificadas na Serra da Baitaca.

Os meses de fevereiro e novembro foram os que apresentaram as médias mais elevadas em ambas as altitudes. A temperatura máxima absoluta (36,4 °C) registrada aos 400 m ocorreu às 15h20min do dia 18 de novembro. A máxima absoluta (31,6 °C) aos 1.000 m foi registrada às 14h50min do dia seguinte (19/11). No ano de 1997, aos 485 m da Serra do Marumbi, Rocha (1999) obteve média da temperatura máxima (25,2 °C) relativamente superior à encontrada para a cota dos 400 m na Serra da Prata, ainda que a temperatura média anual no Marumbi tenha sido apenas 0,7 °C maior.

A amplitude térmica diária aparentemente não foi influenciada pela variação altitudinal, tendo apresentado valores médios muito semelhantes para as cotas 400 e 1.000 m, respectivamente, de 5,5 °C e 5,7 °C. Vilani *et al.* (2006) registraram valor bastante próximo (5,6 °C) aos 423 m de altitude em uma área de transição entre Cerrado e Floresta Amazônica no Mato Grosso, enquanto Roderjan e Grodzki (1999) também obtiveram valor equivalente aos 1.135 m na Serra da Baitaca, PR.

Comparando as amplitudes térmicas médias diárias de cada mês entre as duas altitudes estudadas, verificou-se que de abril a setembro as amplitudes foram ligeiramente maiores na cota superior (entre 0,3 °C e 1,8 °C a mais que no patamar inferior). Por outro lado, nos meses de verão (dezembro a fevereiro) as amplitudes foram maiores (entre 0,5 °C e 0,9 °C a mais) aos 400 m. A máxima amplitude registrada aos 400 m foi de 16,7 °C, no dia 18 de novembro. Na cota dos 1.000 m, a amplitude máxima foi de 15,7 °C, em 06 de agosto. As amplitudes mínimas diárias foram de 1,1 °C e 0,4 °C, respectivamente, aos 400 (novembro) e 1.000 m (outubro).

Visando avaliar a eficácia da fórmula utilizada na determinação da temperatura média diária, seus resultados foram contrapostos com as médias de todas as leituras realizadas em cada mês (144 leituras por dia). Verificou-se que as médias obtidas através da fórmula representaram muito bem a realidade, com variação de apenas 0,1 °C em relação às médias de todas as leituras.

Através da estimativa das temperaturas médias do mês mais quente em diferentes altitudes da área de estudo, com base na média histórica dos dados registrados na estação de Morretes (IAPAR, 2010), constatou-se que a área de transição entre os climas Cfa e Cfb situa-se na faixa altitudinal que abrange as altitudes 600, 700 e 800 m, para as quais foram estimadas temperaturas médias do mês mais quente de 22,1 °C, 21,7 °C e 21,2 °C, respectivamente. Esse resultado coincide com a faixa altimétrica de 600 a 650 m apontada por Nimer (1990) para a isoterma dos 22 °C (mês mais quente) no litoral paranaense. Dessa forma, definiu-se a cota dos 700 m como limite aproximado entre os climas Cfa (abaixo) e Cfb (acima), conforme os critérios da classificação de Koeppen, descrita por Soares e Batista (2004). De maneira abrangente, considerando toda a região litorânea do Paraná, Vanhoni e Mendonça (2008) também apontaram a cota dos 700 m como limite superior de ocorrência para o clima Cfa.

É interessante destacar que a referida faixa de transição climática é coincidente com a região transicional entre as duas formações florestais existentes no trecho de encosta estudado, sendo que a formação Submontana ocorre abaixo dos 600 m e a Montana acima dos 800 m, de acordo com resultados obtidos por Blum e Roderjan (2007). Esse aspecto confirma a influência do clima, especialmente da temperatura, na distribuição altitudinal das distintas formações da Floresta Ombrófila Densa.

Abordando a influência dos diferentes tipos climáticos sobre a vegetação da região Sul, Nimer (1990) destaca que uma isoterma muito importante é a dos 13 °C, considerando a média no mês mais frio. De acordo com o autor, essa isoterma constitui o mais importante limite térmico para o desenvolvimento da Floresta com Araucária (Floresta Ombrófila Mista) nos planaltos do interior. Na região litorânea, a referida isoterma acompanha a cota altimétrica dos 800 m. Confirmando essa informação e ressaltando a relevância da temperatura na distribuição de comunidades florestais, a estimativa de temperatura média do mês mais frio aos 800 m da Serra da Prata foi de 13,1 °C, sendo essa altitude o limite inferior de ocorrência da Floresta Ombrófila Densa Montana típica na área de estudo (BLUM; RODERJAN, 2007).

A umidade relativa do ar média do período foi bastante elevada para ambas as altitudes (Tabela 2), com valores semelhantes aos obtidos por Roderjan e Grodzki (1999) na Serra da Baitaca (92,8%) e por Rocha (1999) na Serra do Marumbi (90,8%). A UR média do período de 1996 a 2008, registrada na estação meteorológica de Morretes, foi razoavelmente menor (84,7%). É preciso ressaltar

que os valores elevados de UR registrados na Serra da Prata são favorecidos, em parte, pela barreira protetora formada pelas extremidades da copa onde foram instalados os registradores. O dossel florestal ameniza a movimentação das massas de ar, propiciando períodos mais longos de umidade elevada (KLEIN, 1979; RODERJAN, 1994).

Tabela 2. Valores de umidade relativa do ar (%) obtidos aos 400 e 1.000 m na encosta norte da Torre da Prata, Morretes, PR, entre julho de 2009 e junho de 2010.

Table 2. Air relative humidity values (%) obtained at 400 and 1,000 m in the north slope of the Prata Mountain, Morretes, Paraná, Brazil, between July of 2009 and June of 2010.

Mês/ano	Média		Mínima média		Máxima média		Dias (24h) c/UR 100%	
	400m	1.000m	400m	1.000m	400m	1.000m	400m	1.000m
Jul/2009	94,8	90,9	86,1	78,6	99,1	98,0	13	7
Ago/2009	89,1	79,7	71,6	60,1	97,7	94,0	1	3
Set/2009	94,6	93,3	84,5	82,6	99,7	98,1	11	10
Out/2009	93,1	96,0	82,2	83,2	99,5	98,8	9	5
Nov/2009	86,4	90,7	74,6	73,9	96,2	99,2	2	6
Dez/2009	90,6	95,2	76,4	83,3	97,8	99,8	0	9
Jan/2010	91,8	93,8	80,0	82,5	97,4	99,9	0	11
Fev/2010	88,9	87,4	72,6	73,8	95,4	95,9	0	4
Mar/2010	92,4	93,6	80,0	82,4	97,6	99,3	1	12
Abr/2010	91,1	92,1	79,3	77,1	97,3	98,5	2	6
Mai/2010	90,5	90,8	78,1	76,9	96,2	98,4	0	8
Jun/2010	88,6	85,8	77,2	71,5	94,2	96,3	0	8
Média	91,0	90,8	78,6	77,2	97,3	98,0	3,3	7,4

Seguindo a mesma tendência observada na Serra da Baitaca (RODERJAN; GRODZKI, 1999), agosto foi o mês com as URs mínimas médias mensais mais baixas, com destaque para o valor de 60,1% registrado aos 1.000 m. As URs máximas médias aos 400 m mantiveram-se sempre acima de 94%, enquanto que aos 1.000 m foram superiores a 98% em todos os meses, com exceção de agosto, fevereiro e junho. Confirma-se, dessa forma, que na maioria absoluta dos dias existem períodos com UR próxima dos 100%, mesmo nos períodos mais secos, em ambas as altitudes.

Durante os doze meses de acompanhamento, aos 400 m foram registrados 39 dias (11,4%) com umidade relativa permanecendo em 100% durante 24 horas, sendo que em julho a UR permaneceu nessa condição por nove dias consecutivos. Na altitude dos 1.000 m registraram-se 89 dias (26,5%) com UR em 100%, com períodos consecutivos máximos observados em dezembro (7 dias) e em janeiro (6 dias). Em estação situada aos 1.135 m s.n.m., na Serra da Baitaca, Roderjan e Grodzki (1999) registraram 89 dias (24,4% do ano de 1993) com UR em 100%, ao passo que aos 485 m, na Serra do Marumbi, Rocha (1999) registrou 42 dias (11,5% do ano de 1997).

Da mesma forma como verificado para a temperatura, as médias da amplitude diária da umidade relativa do ar não sofreram grande influência pela variação altitudinal no período avaliado, uma vez que os valores obtidos aos 400 e 1.000 m foram próximos, respectivamente, 19,1% e 20,6%. A média das amplitudes diárias máximas aos 400 m foi de 44,6%. Na cota dos 1.000 m, a média da amplitude diária máxima foi de 55,3%.

Visando avaliar a eficácia da fórmula utilizada na determinação da umidade relativa do ar média diária, seus resultados foram contrapostos com as médias obtidas com base em todas as leituras realizadas em cada mês (144 leituras por dia). Verificou-se que as médias obtidas através da fórmula representaram muito bem a realidade, com variação média de apenas 0,2% em relação às médias de todas as leituras.

CONCLUSÕES

- A taxa de redução da temperatura com o aumento da altitude foi consideravelmente baixa, ressaltando o efeito moderador exercido pela proximidade do oceano, que proporciona maior estabilidade térmica, além da manutenção de elevados e constantes índices de umidade do ar.
- Na Serra da Prata ocorre uma transição climática entre as cotas altimétricas dos 600 e 800 m s.n.m., sendo estabelecida a cota dos 700 m como limite altitudinal entre os climas Cfa (abaixo) e Cfb (acima).

- A diferença de temperatura entre os referidos tipos climáticos condiciona a existência de duas distintas formações da Floresta Ombrófila Densa, sendo que a formação Submontana ocorre sob clima Cfa e a formação Montana sob o Cfb.
- A isoterma da média de 13 °C no mês mais frio, considerada por Nimer (1990) como o limite térmico inferior para a Floresta Ombrófila Mista na região dos planaltos do interior, também parece determinar na Serra da Prata o limite inferior de ocorrência da formação Montana da Floresta Ombrófila Densa, que tem sua fisionomia típica situada acima dos 800 m s.n.m.
- A média da umidade relativa do ar foi bastante elevada em ambas as altitudes, sendo certamente potencializada pelo constante aporte das massas de ar úmido oriundas do oceano Atlântico, que tendem a se acumular na face leste das elevações da Serra do Mar.
- A posição dos registradores, na porção intermediária do dossel florestal, possivelmente proporcionou leituras de umidade relativa maiores do que se estivessem completamente expostos. Desse modo, a barreira protetora formada pela porção alta do dossel influenciou em parte nos resultados obtidos.
- As médias das amplitudes diárias de temperatura e umidade relativa do ar foram semelhantes para as duas altitudes, o que leva à conclusão de que a variação altitudinal não exerceu influência relevante sobre a variação diária de temperatura e umidade do ar no trecho de encosta estudado, entre julho de 2009 e junho de 2010.
- As fórmulas utilizadas para o cálculo das médias de temperatura e umidade relativa do ar refletiram a realidade de forma muito consistente, apresentando diferença muito baixa frente às médias calculadas com base no conjunto total de leituras (a cada 10 minutos). Esse aspecto demonstra que o volume diário de registros realizados foi excessivo, podendo ser utilizados intervalos maiores a cada leitura.

AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores Jorge L. Waechter, Rodrigo A. Kersten, Carina Kozera, Marise P. Petean, Alexandre Uhlmann, Rafael D. Zenni, Marília Borgo, Anke M. Salzmann e Maurício B. Scheer, pelas sugestões; a Bernardo Blum, Juarez Michelotti, Daros A. T. da Silva, Joachim Graf Neto, Rafael D. Zenni e Marcelo Brotto, pelo auxílio em campo; a Leocadio Grodzki, Maria Eliane Durigan e demais técnicos do IAPAR, pelos importantes esclarecimentos e pela disponibilização dos dados climáticos; a Dieter Kahl, pelo auxílio no desenvolvimento do abrigo meteorológico; ao ICMBIO, pela licença de pesquisa no PARNA Saint-Hilaire/Lange.

REFERÊNCIAS

- BEGON, M.; COLIN, R.; TOWNSEND, J. L. H. **Ecology**: from individuals to ecosystems. 4th ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2006.
- BLUM, C. T. **A Floresta Ombrófila Densa na Serra da Prata, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, PR**: caracterização florística, fitossociológica e ambiental de um gradiente altitudinal. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- BLUM, C. T.; RODERJAN, C. V. Espécies indicadoras em um gradiente da Floresta Ombrófila Densa na Serra da Prata, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 873 - 875, 2007.
- BROWN, J.; LOMOLINO, M. V. **Biogeografia**. 2. ed. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2006.
- CURCIO, G. R. **Caracterização e gênese de Podzólicos Vermelho-Amarelos e Cambissolos da porção sul da Serra do Mar - PR**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1992.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO ESTADO DO PARANÁ (IAPAR). **Cartas climáticas básicas do estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1978.
- _____. **Médias históricas em estações do IAPAR**. Instituto Agrônomo do Estado do Paraná. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Morretes.htm>. Acesso em: 13/10/2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 1992. 92 p. (Série manuais técnicos em geociências - número 1).

KLEIN, R. M. Ecologia da flora e vegetação do vale do Itajaí. **Sellowia**, v. 31, 1979.

LEITE, P.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: IBGE. **Geografia do Brasil: região Sul**. v. 2. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, p. 113 - 150, 1990.

LOPES, O. F. O Granito Sin-Tectônico Cubatãozinho: petrogênese e evolução geológica. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., 1987, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, v. 1, p. 390 - 398, 1987.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba: BADEP/UFPR/IBPT, 1981.

NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil: região Sul**. v. 2. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, p. 113 - 150, 1990.

PENDRY, C. A.; PROCTOR, J. The causes of altitudinal zonation of rain forests on Bukit Belalong, Brunei. **Journal of Ecology**, v. 84, p. 407 - 418, 1996.

RICHTER, M. A hypothetical framework for testing phytodiversity in mountainous regions: the influence of airstreams and hygrothermic conditions. **Phytocoenologia**, v. 30, n. 3/4, p. 519 - 541, 2000.

ROCHA, M. do R. L. **Caracterização fitossociológica e pedológica de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no Parque Estadual Pico do Marumbi - Morretes, PR**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1999.

RODERJAN, C. V. **O gradiente da Floresta Ombrófila Densa no Morro do Anhangava, Quatro Barras, PR** - aspectos climáticos, pedológicos e fitossociológicos. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1994.

RODERJAN, C. V.; GRODZKI, L. Acompanhamento meteorológico em um ambiente de Floresta Ombrófila Densa Altomontana no morro Anhangava, município de Quatro Barras - PR, no ano de 1993. **Cadernos da Biodiversidade**, v. 2, n. 1, p. 27 - 34, 1999.

SIEDLECKI, K. N.; PORTES, M. C. de O.; CIELO FILHO, R. Proposta de adequação dos limites do Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange (Serra da Prata) - Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO DE ÁREAS PROTEGIDAS - CONSERVAÇÃO NO ÂMBITO DO CONE SUL, 2., 2003, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Universidade Católica de Pelotas, 2003.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Meteorologia e climatologia florestal**. Curitiba, 2004.

SQUITTER. **Registrador de umidade e temperatura UTReg - modelo S1615, manual do usuário 1.1**. São José dos Campos: Squitter do Brasil, 2004.

TROPPEMAYER, H. **Biogeografia e meio ambiente**. Rio Claro, São Paulo, 1987.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1983.

VANHONI, F.; MENDONÇA, F. O clima do litoral do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3/4, p. 49 - 63, 2008.

VILANI, M. T.; SANCHES, L.; NOGUEIRA, J. S.; PRIANTE-FILHO, N. Sazonalidade da radiação, temperatura e umidade em uma floresta de transição Amazônia Cerrado. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, p. 331 - 343, 2006.

WETTSTEIN, R. R. V. **Aspectos da vegetação do Sul do Brasil**. São Paulo: Edgard Blücher, 1970.

WURTHMAN, E. Brazilian *Vrieseas* prove to be freeze stalwarts. **Journal of the Bromeliad Society**, v. 34, p. 252 - 254, 1984.

ZOTZ, G. Vascular epiphytes in the temperate zones - a review. **Plant Ecology**, v. 176, p. 173 - 183, 2005.

