



Conhecendo o Pantanal 5

O clima na Reserva Particular do Patrimônio Natural SESC Pantanal

MICROCLIMA E A ESTRUTURA DE FORMAÇÕES VEGETAIS
GABRIEL SELBACH HOFMANN | HEINRICH HASENACK
LUIZ FLAMARION BARBOSA DE OLIVEIRA

MACROCLIMA, O CLIMA REGIONAL, E MESOCLIMA, O CLIMA LOCAL
HEINRICH HASENACK | JOSÉ LUÍS PASSOS CORDEIRO
GABRIEL SELBACH HOFMANN



Conhecendo o Pantanal 5

O clima na Reserva Particular do Patrimônio Natural SESC Pantanal

Microclima e a estrutura de formações vegetais

GABRIEL SELBACH HOFMANN | HEINRICH HASENACK | LUIZ FLAMARION BARBOSA DE OLIVEIRA

Macroclima, o clima regional, e Mesoclima, o clima local

HEINRICH HASENACK | JOSÉ LUÍS PASSOS CORDEIRO | GABRIEL SELBACH HOFMANN



SESC SERVIÇO SOCIAL DO COMÉRCIO

Presidência do Conselho Nacional

ANTONIO OLIVEIRA SANTOS

DEPARTAMENTO NACIONAL

Direção-Geral (DG)

MARON EMILE ABI-ABIB

Divisão Administrativa e Financeira

JOÃO CARLOS GOMES ROLDÃO

Divisão de Planejamento e Desenvolvimento

ÁLVARO DE MELO SALMITO

Divisão de Programas Sociais

NIVALDO DA COSTA PEREIRA

Consultoria da Direção-Geral

JUVENAL FERREIRA FORTES FILHO

LUÍS FERNANDO DE MELLO COSTA

PUBLICAÇÃO

Edição

Assessoria de Divulgação e Promoção / DG

CHRISTIANE CAETANO

Coordenação editorial

ROSANE CARNEIRO

Edição

DUAS ÁGUAS EDITORAÇÃO E CONSULTORIA

Design gráfico

JULIO CARVALHO

Editoração Eletrônica

SUSAN JOHNSON

O clima na Reserva Particular de Patrimônio Natural Sesc
Pantanal. – Rio de Janeiro : SESC, Departamento Nacional, 2010.
84p. : il. ; 28 x 21 cm. – (Conhecendo o Pantanal ; 5)

Bibliografia: p. 87-91.

Conteúdo: Microclima e a estrutura de formações vegetais / Gabriel
Selbach Hofmann, Heinrich Hasenack, Luiz Flamarion Barbosa de Olivei-
ra – Macroclima, o clima regional e mesoclima, o clima local / Heinrich
Hasenack, José Luís Passos Cordeiro, Gabriel Selbach Hofmann.

ISBN 978-85-89336-45-1.

1. Clima. 2. Proteção ambiental. 3. Pantanal Mato-grossense. I. SESC.
Departamento Nacional. II. Título. II. Série.

CDD 363.70098172

APRESENTAÇÃO

O conhecimento mais exato do clima da RPPN SESC Pantanal é indispensável a toda gestão da área.

Os dois estudos aqui apresentados, pelas suas qualidades e pela segurança dos resultados, serão usados nas diferentes atividades e observações sobre a fauna e a flora da RPPN.

À medida que a construção do conhecimento do Pantanal avança, margens de incertezas importantes se reduzem e as forças da natureza são mais bem apoiadas.

Esta é, também, uma contribuição de interesse de todo o Pantanal.

Antonio Oliveira Santos
Presidente do Conselho Nacional do SESC
Maio de 2010

CLIMA E PRESERVAÇÃO AMBIENTAL

Muitas áreas do Brasil ainda estão carentes de estudos do clima. O Pantanal, um bioma especial e único no planeta, pela sazonalidade entre chuvas e secas, não é exceção.

Vários estudos e pesquisas sobre o clima pantaneiro têm sido realizados pela RPPN SESC Pantanal.

Os dois trabalhos aqui publicados são amostras do conhecimento que precisa ser ampliado para que a preservação do Pantanal seja viável.

O microclima e a estrutura de formações vegetais e também o macroclima, o clima regional, e o mesoclima, o clima local, foram estudados por quatro cientistas de competência reconhecida e os resultados aqui apresentados são de grande importância pela qualidade e por suas conclusões.

À medida que o conhecimento da realidade do Pantanal avança, paralelamente cresce a capacidade de contribuir para a preservação da área.

A difusão dos estudos e sua discussão ampliam a utilidade de novos conhecimentos do Pantanal.

As políticas destinadas à proteção e à preservação do Pantanal precisam de uma base alicerçada em conhecimentos científicos como os aqui apresentados, para atingirem a eficácia que todos desejamos.

Agradecer e enaltecer o trabalho realizado pelos quatro cientistas apenas consolida a posição proativa deles em relação ao futuro do Pantanal.

Esperamos continuar participando solidariamente na preservação do bioma.

Leopoldo Garcia Brandão

*Consultor da Presidência do Conselho Nacional do SESC
Conselheiro do Conselho Consultivo da RPPN SESC Pantanal*

AGRADECIMENTOS

Especialmente a Leopoldo Garcia Brandão, a Waldir Valutki e aos guarda-parques da RPPN SESC Pantanal pela valiosa colaboração no desenvolvimento dos projetos.

A Danton da Silva Júnior pelo incansável auxílio com os termômetros.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de bolsa de estudos a Gabriel Selbach Hofmann, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de pesquisa a Luiz Flamarion Barbosa Oliveira.

Somos particularmente gratos ao SESC Pantanal e a todos os seus funcionários que contribuíram para a realização destes trabalhos.

SUMÁRIO

1 MICROCLIMA E A ESTRUTURA DE FORMAÇÕES VEGETAIS	11
1.1 INTRODUÇÃO	13
1.1.1 Fundamentos da micromatologia florestal	13
1.1.2 Novas tendências	15
1.2 MÉTODOS	18
1.2.1 Área de estudo	18
1.2.2 Estrutura da vegetação	19
1.2.3 Microclima	20
1.2.4 Análise de dados	20
1.3 RESULTADOS	22
1.3.1 Análise da vegetação	22
1.3.2 Variações internas nas formações	23
Cambarazal	23
Mata Seca	24
Mata Densa	26
Tabocal	27
Mata com Acuri	29
Campo com Murundus	30
1.3.3 Padrões higrótérmicos no interior das formações vegetais	32
Cambarazal	32
Mata Seca	33
Mata Densa	35
Tabocal	36
Mata com Acuri	38
Campo com Murundus	39
1.3.4 Comparações microclimáticas entre as formações vegetais	41
Temperatura do ar	41
Umidade relativa do ar	42
Análise dos padrões térmicos diários	42
1.3.5 Comparação entre estrutura da vegetação e microclima	47
1.4 DISCUSSÃO	48
1.4.1 Estrutura da vegetação	48
1.4.2 Padrões microclimáticos	48
1.4.3 Comparação entre estrutura da vegetação e microclima	50
1.4.4 Implicações ecológicas	50
ANEXOS	53

2 MACROCLIMA, O CLIMA REGIONAL, E MESOCLIMA, O CLIMA LOCAL.....	61
2.1 MACROCLIMA, O CLIMA REGIONAL.....	63
2.2 MESOCLIMA, O CLIMA LOCAL NA RPPN.....	74
2.2.1 Metodologia.....	74
Análise de imagens termais.....	74
Medidas móveis de temperatura e umidade.....	75
2.2.2 Resultados e discussão.....	78
2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
REFERÊNCIAS.....	86
FONTE DOS DADOS METEOROLÓGICOS.....	90

GLOSSÁRIO DE SIGLAS

EESP	Estância Ecológica SESC Pantanal
HSPC	Hotel SESC Porto Cercado
PPA	Posto de Proteção Ambiental
RPPN	Reserva Particular de Patrimônio Natural

1 Microclima e a estrutura de formações vegetais

Gabriel Selbach Hofmann

Heinrich Hasenack

Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal
do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Laboratório de Geoprocessamento, Centro de Ecologia

Luiz Flamarion Barbosa de Oliveira

Departamento de Vertebrados, Setor de Mastozoologia

Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro

1.1 INTRODUÇÃO

As variáveis climáticas (radiação, temperatura do ar, precipitação), pelo papel que desempenham no metabolismo e na ecologia de todos os organismos vivos, podem ser consideradas fatores fundamentais para a vida na Terra, e na relação com as mais diversas formas de paisagens (KIMMINS, 1987). Ambientes terrestres, como áreas continentais subtropicais ou tropicais, relativamente afastadas do Equador, possuem grande variação térmica diária, apresentando altas temperaturas durante prolongados períodos do dia. Nessas regiões, a capacidade de áreas florestais em manter seu ambiente interno fresco e úmido é de vital importância para grande parte da biota. A compreensão das relações entre a estrutura das formações vegetais e o microclima é fundamental para o conhecimento ecológico associado à conservação, especialmente em regiões com grandes transformações estruturais dos *habitats*.

1.1.1 Fundamentos da microclimatologia florestal

A variação dos elementos meteorológicos nas camadas de ar junto ao solo, em áreas de superfície restrita, por suas diferentes características e umidade, e pelo tipo e altura da vegetação que o cobre, foi definida por Geiger (1965) como microclima. A relação entre o microclima e a vegetação tem sido explorada sob variados pontos de vista, tanto nas ciências biológicas nos seus mais diversos âmbitos, como nas práticas de agricultura e silvicultura. Uma das abordagens pioneiras neste campo foi o estudo ecofisiológico, que testou a influência do microclima nas atividades metabólicas das plantas (NOBEL, 1991; JONES, 1992).

O estudo específico dos ambientes florestais é um tema complexo e pode ser considerado um caso a parte dentro da microclimatologia. As florestas e bosques possuem características físicas que alteram direta e indiretamente todas as variáveis climáticas (radiação, temperatura, umidade do ar, vento etc.), de forma que o microclima do sub-bosque florestal é bastante diferenciado de uma área aberta localizada a poucos metros de distância do mesmo.

O interior das formações florestais é caracterizado por uma grande estabilidade microclimática em comparação às formações abertas. A principal razão para isso é a existência de diferentes estratos que separam as camadas de ar exterior à floresta (acima das copas) da camada de ar junto ao solo florestal (sub-bosque). Um dos principais estudiosos do microclima, Rudolf Geiger, identifica três estratos principais de uma floresta (Quadro 1).

A camada mais importante de uma floresta sob o ponto de vista microclimatológico é o espaço das copas (dossel), que é caracterizada por uma grande instabilidade microclimática, pois recebe diretamente a radiação solar e o vento. A variação diária da temperatura e da umidade do ar nas camadas de ar no dossel de uma floresta tropical é tão alta, que assemelha-se àquela verificada em um terreno gramado desprovido de vegetação arbórea. A grande importância dessa camada decorre da sua função de *buffer* (tampão) à vegetação de sub-bosque, moderando os níveis de entrada e saída de energia nesse ambiente (KIMMINS, 1987; CHEN *et al.*, 1999; SZARZYNSKI e ANHUF, 2001; PORTÉ *et al.*, 2004).

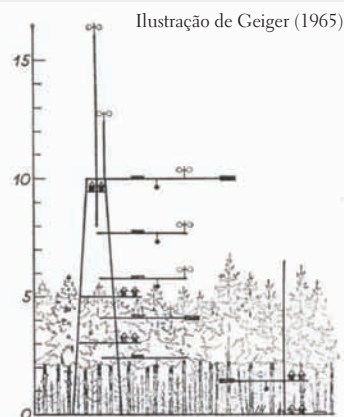


QUADRO 1: *Concepção florestal de Geiger (1965)*

Rudolf Geiger foi um pioneiro em estudos envolvendo microclima. Ele identificou três estratos principais em ambientes florestais: espaço das copas, espaço dos fustes e o sub-bosque (detalhados abaixo). A fotografia ao lado mostra o espaço dos fustes de uma área de Cambarazal no interior da RPPN SESC Pantanal.



Fotografia de I. P. Coelho

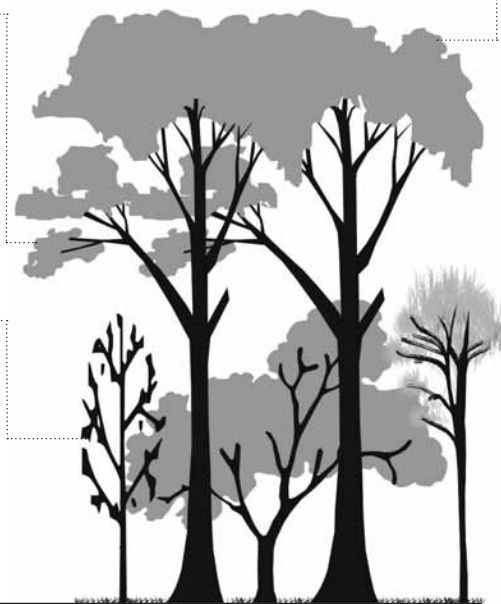


Na ilustração à direita Geiger demonstra um experimento para avaliar as variações verticais dos elementos microclimáticos em um talhão de espruce, em fase de regeneração, nas proximidades da cidade de Munique, Alemanha.

Espaço das copas: também chamado de dossel, é o limite superior da floresta, onde se encontra a maior densidade de galhos, ramos e folhas. Em florestas tropicais esse espaço também é ocupado por diversos tipos de plantas como epífitas (orquídeas, bromélias, cactáceas e samambaias) e lianas (plantas trepadeiras, que germinam e mantêm-se enraizadas no solo mas que crescem em direção ao dossel sustentando-se em outras árvores).

Espaço dos fustes: o fuste é a porção da árvore que se encontra entre o solo e as primeiras ramificações (geralmente entre 10 e 20 metros acima do solo em uma floresta madura). Caracteriza-se por ser uma camada de transição entre o sub-bosque e o espaço das copas, sendo ocupada pelos troncos das árvores emergentes e pelas copas das árvores de altura intermediária ou que ainda não conseguiram chegar ao dossel.

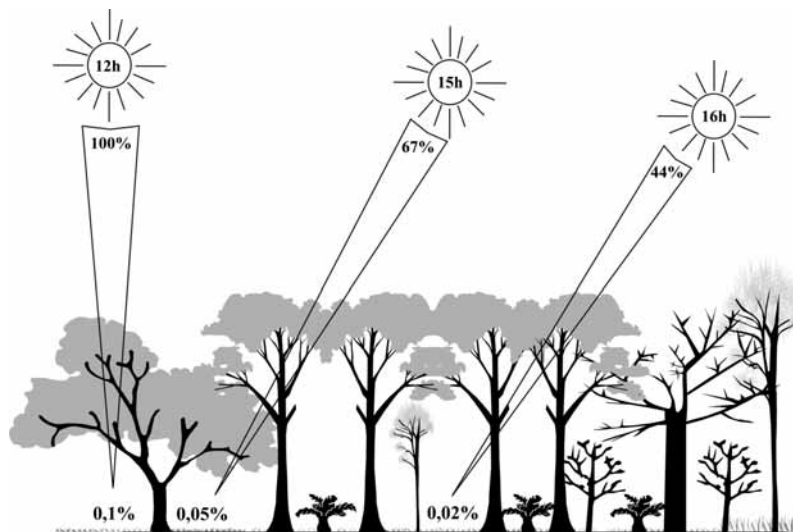
Sub-bosque: localiza-se junto ao solo florestal, é ocupado por plântulas e plantas higrófilas de pequeno porte. É um patamar de grande importância ecológica, onde a matéria orgânica é decomposta, sendo reintegrada ao solo e novamente consumida pelas plantas. Adicionalmente, é onde se encontra grande parte dos animais vertebrados e invertebrados.



Elaborado pelos autores

Desta forma, os sub-bosques das florestas densas permanecem frescos e com grande umidade pois, ao longo do dia, a radiação que chega às copas é bloqueada e convertida em energia metabólica pelas plantas, evitando a elevação da temperatura e o ressecamento do ar (GEIGER, 1965; SZARZYŃKI e ANHUF, 2001; RENAUD e REBETEZ, 2009). Em algumas formações florestais os níveis de radiação que chegam ao solo florestal são extremamente baixos, podendo representar menos de 1% da radiação total disponível acima do dossel, mesmo com o Sol incidindo perpendicularmente sobre uma superfície plana (KIMMINS, 1987) (Figura 1).

FIGURA 1: Variação da intensidade de radiação (ângulo solar no céu) incidente no topo do dossel e no sub-bosque de uma floresta tropical. Adaptado de KIMMINS (1987).



A capacidade do dossel em bloquear a radiação e diminuir a circulação de ar no sub-bosque florestal é incrementada ou diminuída por características estruturais de cada tipo florestal. Florestas com copas altas e densas, com um grande número de indivíduos, por exemplo, são mais eficientes em regular as variações microclimáticas no seu sub-bosque do que florestas com copas baixas e com pouca cobertura foliar.

1.1.2 Novas tendências

Recentemente, outras abordagens sobre o tema ganharam projeção, em áreas como a ecologia da paisagem. Devido ao expressivo aumento da fragmentação de florestas em todo o mundo, as transições microclimáticas horizontais entre núcleos florestais e áreas degradadas têm sido avaliadas em estudos de efeito de borda (Quadro 2). Outras abordagens têm sido desenvolvidas, tais como as que comparam efetivamente núcleos de florestas intactos, com talhões de diferentes idades, estruturas e tipo de manejo, além de áreas abertas, com a finalidade de otimizar práticas de silvicultura, conter risco de geadas tardias e diminuir o risco de incêndios florestais. (CARLSON e GROOT, 1997; MORECROFT *et al.*, 1998; AUSSÉNAC, 2000; KARLSSON, 2000; POTTER *et al.*, 2001; PORTÉ *et al.*, 2004; HEITHECKER e HALPERN, 2006).



QUADRO 2: Fragmentação e efeito de borda

Fragmentação

A perda de habitat é uma das maiores ameaças para conservação da fauna e flora das florestas tropicais. Todo ano milhares de hectares de florestas são cortados para comercialização da madeira. Posteriormente são criadas, nas antigas áreas florestais, pastagens para a criação de gado ou empreendimentos agrícolas que seguem um modelo de monocultura (ex. cana-de-açúcar, soja, milho) em que são necessários, para viabilidade da produção, imensas áreas plantadas e investimentos anuais em fertilizantes para o solo. Outros empreendimentos que provocam a fragmentação das áreas naturais são rodovias, linhas de transmissão de energia, gasodutos e hidrelétricas.



Fragmento de Mata Atlântica no litoral do Rio Grande do Sul, fotografia de R. A. Ramos

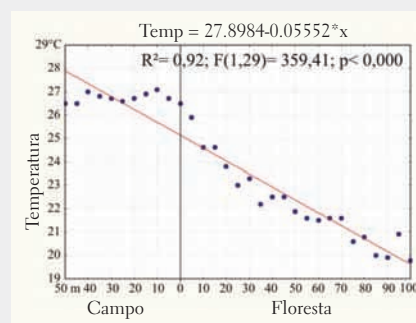
Efeito de borda

Quando áreas de florestas tropicais úmidas são cortadas, criam-se dois ambientes homogêneos e contrastantes, um densamente florestado e outro aberto ou parcialmente aberto. O contato entre estes dois ambientes é caracterizado pela borda física da floresta, onde as condições meteorológicas e biológicas não são similares nem a um interior de floresta íntegro, nem a uma área aberta. Consequentemente, um terceiro ambiente com características físicas e biológicas únicas é formado nesta relação. Neste novo ambiente, as condições meteorológicas e biológicas variam espacialmente, de forma que nas áreas próximas ao contato entre área aberta e floresta as condições são mais próximas às verificadas nas áreas abertas, mas estas se tornam mais semelhantes às condições de interior de floresta na medida em que há o afastamento da borda. Estas variações abióticas e bióticas são conhecidas como efeito de borda.

Como a fragmentação é um problema em escala global, o efeito de borda é estudado em fragmentos florestais de todo o mundo. Carolina Murcia (1995) relata três efeitos principais relacionados ao efeito de borda:

- diferenças microclimatológicas entre os dois lados da borda, formando gradientes perpendiculares à mesma;
- efeitos bióticos diretos, envolvendo diferenças na abundância e distribuição de espécies, causadas diretamente pelas condições físicas próximas a borda;
- efeitos bióticos indiretos, envolvendo diferenças nas interações entre espécies, como predação, competição, herbivoria, polinização e dispersão de sementes.

O efeito de borda provoca a diminuição drástica da umidade do ar, pelo aumento da temperatura e da velocidade do vento, reduzindo o salto de transpiração das plantas. Além disso, ocorre aumento da temperatura média do ar e de radiação, potencializando os valores extremos de temperatura como máximas e mínimas diárias, o que em muitos casos pode ser fatal para alguns organismos tropicais.



Estudo de efeito de borda em áreas de transição de campo e mata com Araucária, no nordeste do Rio Grande do Sul. Na fotografia à esquerda, um experimento em que os postos de observação meteorológica foram espaçados a cada cinco metros (50 metros em campo e 100 metros na mata). Na figura à direita, uma regreção linear simples, a temperatura diminui 0,05°C a cada metro que avança em direção ao interior da mata (HOFMANN *et al.*, 2005).

Elaborado pelos autores

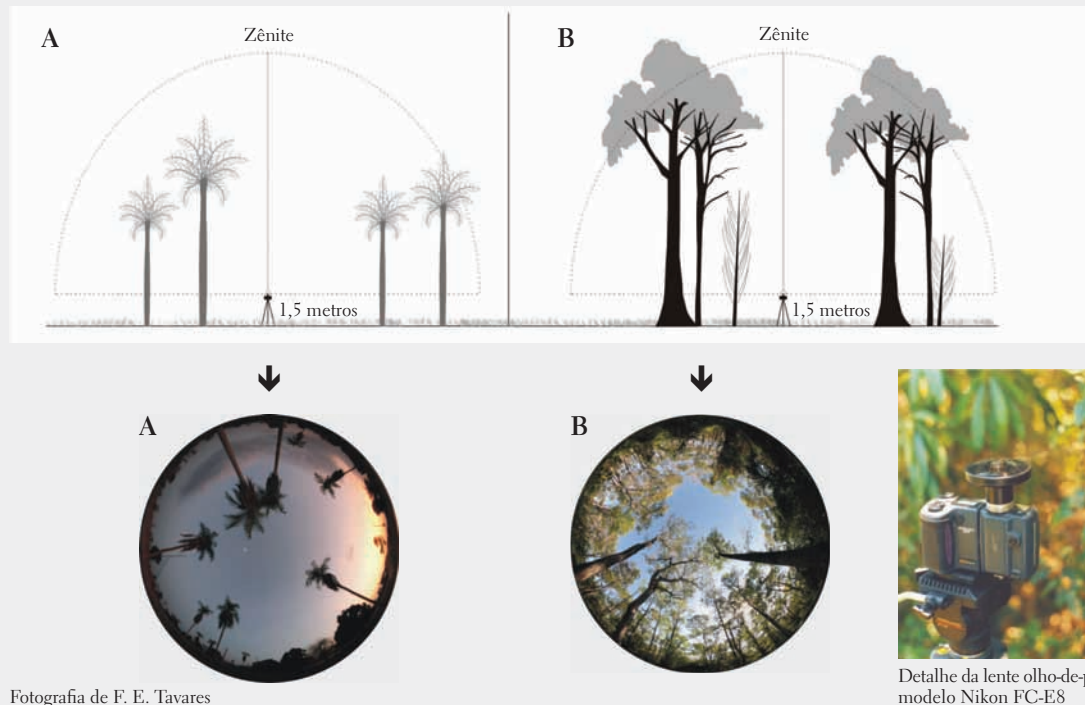
Com o avanço tecnológico, novas ferramentas de coleta e análise de informações possibilitaram um aumento do conhecimento a respeito das mais diversas variáveis microclimáticas e suas relações com estruturas das florestas temperadas e de coníferas do Hemisfério Norte. Análises tais como regressões lineares (HEITHECKER e HALPERN, 2006; KARLSSON, 2000) e *Wavelet* (CHEN *et al.*, 1999) possibilitam correlacionar variações dos parâmetros microclimáticos em função de modificações dos atributos estruturais da vegetação, identificando quais variáveis contribuem significativamente para os modelos de previsão dos parâmetros meteorológicos no interior do sub-bosque florestal.

Heithecker e Halpern (2006), por exemplo, encontraram 85% de explicação para a variação da temperatura máxima, associando atributos da vegetação e da topografia. Consideraram cobertura do dossel (ou como se referem outros trabalhos, o *Sky View Factor* – fator de visibilidade do céu) como a variável preditiva mais significativa para o modelo, fato que já havia sido observado por Karlsson (2000) e Aussenac (2000). Este último autor acrescenta o índice de área foliar (IAF) como outra variável de extrema importância (Quadro 3).

O presente trabalho descreve as variações higrótérmicas do ar e suas relações com a estrutura da vegetação na RPPN SESC Pantanal, Pantanal do Mato Grosso, no centro-oeste do Brasil, uma área continental tropical de grande importância para a conservação biológica.

QUADRO 3: Fotografias hemisféricas

Estas fotografias reproduzem em um plano a abóboda celeste e são obtidas com o uso de lentes conhecidas como olho-de-peixe, que possibilitam um ângulo de visão de 180°. A lente é acoplada a uma máquina digital sobre um tripé nivelado e direcionada para o zênite. Posteriormente, as fotografias são analisadas em um programa (ex. Gap Ligth Analyzer) que fornece o índice de área foliar, cobertura do dossel e transmissão total de luz.



Elaborado pelos autores



1.2 MÉTODOS

1.2.1 Área de estudo

O trabalho foi realizado na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) SESC Pantanal, a maior Unidade de Conservação particular do Brasil, com 1.076 quilômetros quadrados, localizada no município de Barão de Melgaço, no sul de Mato Grosso (16°45'S e 56°15'W). A área encontra-se próxima ao centro geográfico da América do Sul, no noroeste do Pantanal, uma planície sedimentar que forma uma das maiores extensões úmidas e contínuas da Terra (HAMILTON *et al.*, 1996). Apresenta um período de inundação entre os meses de dezembro a abril, devido ao acúmulo de chuvas na região e nas cabeceiras dos rios da Bacia do Alto Paraguai. O clima da região é típico de Savana, do tipo “Aw” segundo a classificação de Köppen, com a precipitação concentrando-se no verão, em um total anual que varia entre 1.000 e 1.600 milímetros. No inverno predomina o clima seco, em decorrência da estabilidade gerada pela influência do anticiclone subtropical do Atlântico Sul e de pequenas dorsais que se formam sobre o continente (NIMER, 1989). A temperatura média anual é de 26,5°C, com as médias mensais nunca inferiores a 22°C (Brasil, 1992).

A paisagem do Pantanal é muito heterogênea, resultado de uma variedade de unidades geomorfológicas de pequena escala, em combinação com inundações anuais que criam uma grande diversidade de *habitats* (CUNHA e JUNK, 2004). Essa heterogeneidade também resulta do encontro de quatro províncias biogeográficas: Cerrado, Amazônica, Chaquenha e Atlântica (CABRERA e WILLINK, 1980; CORDEIRO, 2004).

Com base no mapa de uso e cobertura do solo (CORDEIRO, 2004) foram selecionados seis tipos de formações vegetais distintas na RPPN SESC Pantanal, sendo cinco florestais e uma savânica, visando avaliar a influência de suas características estruturais sobre o microclima (Tabela 1). Todos os ambientes (exceto o campo aberto, que é manejado por pastejo e corte de lenhosas) encontram-se em condições relativamente conservadas e há mais de dez anos livres da intervenção humana.

TABELA 1: Formações vegetais da RPPN SESC Pantanal selecionadas para avaliações estruturais e análises das relações com o microclima.

FORMAÇÃO VEGETAL	DESCRIÇÃO
Cambarazal	Fisionomia densamente florestada, que ocorre em áreas alagadas sazonalmente, e dominada por Cambará, <i>Vochysia divergens</i> (Vochysiaceae).
Mata com Acuri	Fisionomia densamente florestada, classificada como floresta semi-decídua, onde o sub-bosque é dominado pela palmeira acuri, <i>Scheelea phalerata</i> (Arecaceae).
Mata Seca	Fisionomia florestal semidecídua, onde o estrato arbóreo emergente é esparsa, com presença de árvores caducas como Cedro, Angico <i>Andenanthera macrocarpa</i> e Aroeira <i>Astronium urundeuva</i> (Anacardiaceae), e com sub-bosque pouco desenvolvido, com presença de acuris com baixa densidade de indivíduos e com gravatás <i>Bromelia sp.</i> (Bromeliaceae).
Tabocal	Fisionomia florestal com estrato arbóreo emergente esparsa e sub-bosque dominado por taquaras <i>Guadua sp.</i> (Taboca/ Poaceae).
Mata Densa	Fisionomia densamente florestada e com grande riqueza de espécies. Ocorre como floresta ripária e não inundada às margens do Rio São Lourenço.
Campo com Murundus	Formação savânica com fisionomia de cerrado, possui uma matriz herbácea e elementos arbóreos agregados em elevações do terreno, geralmente associadas aos cupinzeiros.

1.2.2 Estrutura da vegetação

Foram utilizados os índices estruturais propostos por McElhinny *et al.* (2005) para caracterização de complexidade estrutural de florestas e bosques. Cada formação vegetal foi avaliada por meio de três transecções (com distâncias entre si superiores a 5 quilômetros), contendo cada uma 30 unidades amostrais. Essas eram definidas por sorteio aleatório de um ponto cardeal (N, W, S e E); após o sorteio, eram percorridos 50 metros em linha reta no rumo sorteado e estabelecida uma nova unidade amostral (DUARTE *et al.*, 2006).

O método empregado visou minimizar a autocorrelação espacial e amostrar a maior variação ambiental possível do local. Em cada unidade amostral foi delimitada uma parcela de 10 x 10 metros, onde foram registrados: a altura do dossel, com auxílio de um clinômetro (marca Carl Leiss); contagem e



medição dos indivíduos no interior da parcela (que apresentassem circunferência na altura do peito $CAP \geq 5$ cm); a cobertura do dossel; o índice de área foliar (IAF – unidade de área foliar por unidade de área de terreno) e a transmissão total de luz (TTL), medida de entrada de luz total direta e indireta na parcela (FRAZER *et al.*, 1999). Estes três últimos índices foram obtidos por fotografia digital com lente hemisférica (Nikon FC-E8), no centro da parcela, sobre um tripé nivelado a uma altura de 1,5 metro.

As fotografias foram analisadas no programa Gap Light Analyzer (FRAZER *et al.*, 1999). Posteriormente, os valores de CAP foram transformados para área basal total da parcela, que deu origem a outro valor descritivo da estrutura da vegetação. Nas áreas florestais a amostragem foi realizada sempre em áreas de núcleo, evitando zonas de transição entre formações e áreas de borda. Na formação Campo com Murundus a parcela foi demarcada no centro do murundu.

1.2.3 Microclima

O microclima foi caracterizado por meio de sete sensores de temperatura com resolução de aproximadamente $0,3^{\circ}\text{C}$ (marca Sensirion SHT 11), acoplados a *data loggers* que armazenavam um registro a cada minuto, com o sensor permanecendo a uma altura padronizada de 1,5 metro acima do solo.

A coleta de dados foi dividida em duas etapas: entre 30 de julho e 15 de setembro de 2007 e entre 16 de setembro e 21 de outubro de 2007. Na primeira etapa, seis sensores foram instalados em pontos considerados representativos de cada uma das seis formações vegetais, um por formação. O sétimo sensor foi instalado em um campo aberto, livre de obstrução, em condição similar à qual é instalada uma estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia. Esse sensor funcionou como um controle, permanecendo no local durante os dois períodos de medição.

Na segunda etapa de medições, os seis sensores instalados em cada uma das formações foram removidos e novamente instalados, mas desta vez dentro de uma só formação, considerando as unidades amostrais que apresentaram maior variação interna (dentro da formação selecionada), tendo como base os índices estruturais medidos anteriormente. Os sensores permaneciam no local durante cinco dias completos de medição, quando eram novamente instalados em unidades amostrais de outra formação. Deste modo, os sensores foram instalados em 36 locais diferentes (seis por formação vegetal). Nesta segunda etapa, as condições meteorológicas do dia, como nebulosidade e vento, eram observadas de maneira qualitativa (visualmente).

1.2.4 Análise de dados

Os índices estruturais de cada formação vegetal (altura do dossel, número de indivíduos, área basal, IAF, cobertura do dossel e TTL) foram submetidos à Análise de Variância (Anova) com teste de aleatorização (10 mil iterações), para avaliar a significância das diferenças observadas entre as seis formações vegetais.

Os dados dessa primeira etapa foram utilizados para estabelecimento de padrões térmicos temporais de cada formação vegetal. Desta forma, foram calculados as médias diárias, os perfis diários, os somatórios de horas com temperatura acima de 40°C e abaixo de 10°C , e efetuadas as comparações

entre as formações e o campo aberto. Para compreender o padrão de variação da temperatura ao longo de um dia tipicamente claro, sem vento ou nebulosidade, um intervalo entre os dias 8 e 9 de setembro de 2007 foi selecionado e subdividido em cinco períodos. Em cada período foi efetuada uma regressão linear simples, tendo a temperatura como variável dependente. Os intervalos escolhidos foram entre a hora da temperatura máxima (13h30) e a do pôr do sol (18h) do dia 8 de setembro, e entre 18h do dia 8 de setembro e o momento da temperatura mínima (5h30) do dia 9 de setembro de 2007, entre o horário de maior contraste entre formações e o campo (5h30 e 9h30) e, finalmente, entre 9h30 e 13h.

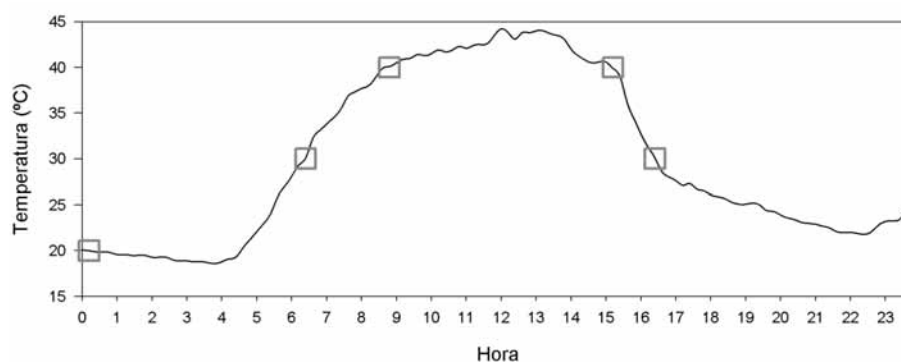
Foram efetuadas regressões lineares múltiplas para avaliar a influência da vegetação no microclima (HEITHECKER e HALPERN, 2006), utilizando-se os dados coletados na segunda etapa de medições, tendo como variável dependente a diferença de temperatura (Δt), obtida com a subtração dos registros de temperatura das 36 unidades amostrais ($T^{\circ}_{\text{formação}}$, seis por formação) dos registrados no campo aberto (T°_{campo} , controle):

$$\Delta t = (T^{\circ}_{\text{formação}} - T^{\circ}_{\text{campo}})$$

As seis variáveis independentes consideradas foram os índices estruturais da vegetação das próprias unidades amostrais. Antes de serem analisadas, as variáveis descritoras das formações foram transformadas em escores Z, com média igual a zero e variância igual a um (GOTELLI e ELLISON, 2004).

Tendo em vista que os dados foram registrados em dias distintos, foram selecionados cinco períodos (em dias sem vento e sem nebulosidade) em que a estação-controle registrava valores de temperatura em uma mesma faixa de horário, com a curva apresentando tendência similar para todos os dias utilizados. Os períodos escolhidos foram: com 20°C durante a madrugada (entre 0h e 4h) quando a curva da temperatura tendia à estabilidade; 30°C pela manhã (entre 6h e 9h) com a temperatura apresentando tendência crescente; 40°C pela manhã (entre 9h e 12h) com a temperatura ainda sendo incrementada; 40°C à tarde (entre 13h e 16h) com sentido decrescente da curva da temperatura; e 30°C à tarde (entre 16h e 18h) com a temperatura ainda em decréscimo (Figura 2).

FIGURA 2: Perfil de temperatura na estação-controle com os momentos dos dias selecionados (quadrados).



As Anova foram realizadas utilizando-se o programa estatístico Multiv (PILLAR, 2004), e as regressões através do programa Statistica 6.1 (STATSOFT, 2004).



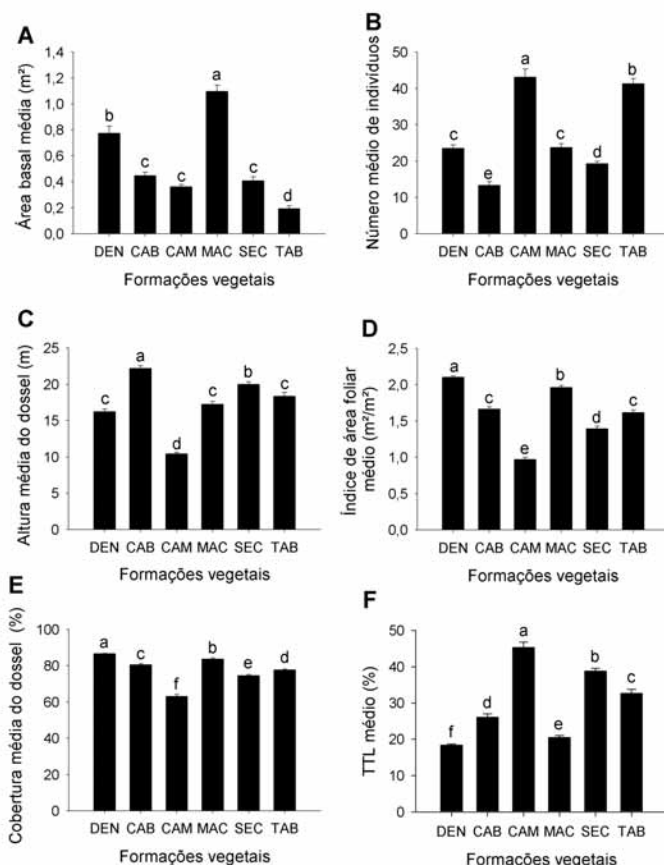
1.3 RESULTADOS

1.3.1 Análise da vegetação

Foi avaliado um total de 540 unidades amostrais; 90 por formação vegetal (0,9 hectare cada uma). Para cada formação foram registradas as médias dos dados (Figura 3). Diferenças significativas entre as seis formações vegetais foram evidenciadas através das Anova, sugerindo grupos distintos quanto aos índices de cobertura e transferência total de luz (TTL) ($p \leq 0,05$).

Foram identificados cinco grupos considerando o índice de área foliar (IAF), não sendo observadas diferenças significativas entre as formações Cambarazal e Tabocal ($p > 0,05$). Quanto ao número de indivíduos, Mata Densa e Mata com Acuri não se diferenciaram significativamente. As variáveis altura do dossel e área basal identificaram somente quatro grupos, e não ocorreram diferenças significativas entre a altura do Tabocal, Mata com Acuri e Mata Densa. Cambarazal, Campo com Murundus e Mata Seca não diferiram entre si quanto à área basal.

FIGURA 3: Anova com teste de aleatorização, entre dados estruturais da vegetação nas diferentes formações vegetais da RPPN SESC Pantanal, no Pantanal do Mato Grosso. Todas as análises apresentaram $p < 0,0001$ (10 mil iterações). A) área basal média, B) número médio de indivíduos com CAP ≥ 5 cm, C) altura média do dossel, D) índice de área foliar médio, E) Cobertura do dossel, F) TTL – transmissão total de luz média. DEN – Mata Densa, CAB – Cambarazal, CAM – Campo com Murundus, MAC – Mata com Acuri, SEC – Mata Seca, e TAB – Tabocal. Linhas sobre as barras representam erro padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente ($p \geq 0,05$).

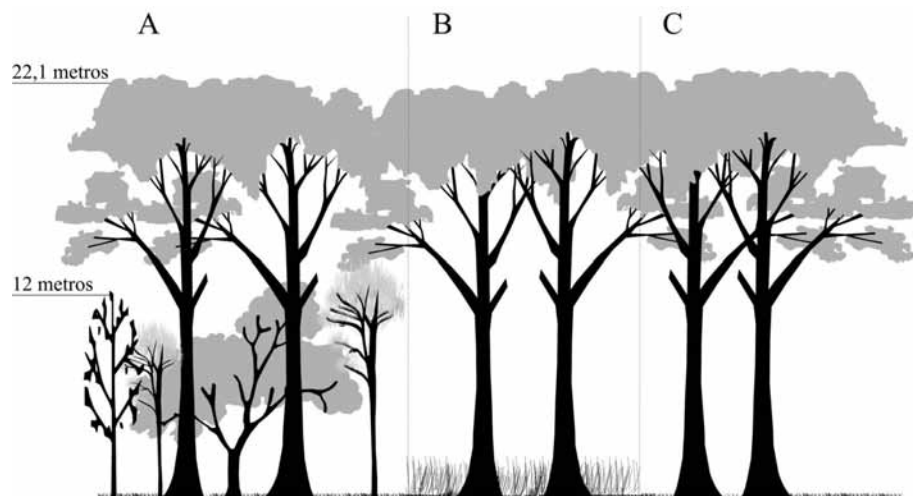


1.3.2 Variações internas nas formações

Cambarazal

A amostragem realizada em diferentes áreas de Cambarazal no interior da RPPN SESC Pantanal evidenciou três fisionomias dessa formação vegetal. A primeira apresenta um dossel composto por cambará sobressaindo-se como árvore emergente e um sub-bosque denso formado por outras árvores de menor porte (pimenteira e marmelo). Na segunda forma, o Cambarazal continua sendo composto apenas por indivíduos arbóreos de *Vochysia divergens* (cambará), mas o sub-bosque deixa de conter outras espécies arbóreas e apresenta grande densidade de gramíneas, especialmente uma conhecida como “capim-navalha”. A última forma é composta apenas por indivíduos de *Vochysia divergens* e apresenta um sub-bosque aberto e muito sombreado, sem presença de plântulas, gramíneas ou outras árvores de menor porte (Figura 4).

FIGURA 4: Ilustração das diferentes fisionomias de Cambarazal encontrados na RPPN SESC Pantanal. A – Cambarazal com sub-bosque composto por outras espécies arbóreas. B – Cambarazal com sub-bosque dominado por “capim-navalha”. C – Cambarazal sem presença de plântulas, gramíneas ou outras árvores de menor porte em seu sub-bosque.



Quando comparado às demais formações, o Cambarazal impõe-se pela altura média do dossel, sendo a mais elevada registrada no interior da RPPN SESC Pantanal (Tabela 2). Entretanto, há uma baixa densidade de indivíduos, refletindo ausência de plântulas e um sub-bosque pouco desenvolvido em um grande número de parcelas amostradas. Sob essas condições, o aspecto de formação monodominante (Figura 5) fica ainda mais evidente, sendo seu registro comum em parcelas de Cambarazal localizadas próximas ao Posto Espírito Santo, a noroeste da Reserva.



TABELA 2: Valores médios, máximos, mínimos e erro padrão da média dos atributos descritivos da estrutura do Cambarazal registrados na RPPN SESC Pantanal. Altura do dossel, altura do sub-bosque, área basal, número de indivíduos, cobertura do dossel, índice de área foliar (IAF) e transmissão total de luz (TTL).

	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	ERRO PADRÃO
Altura do dossel (m)	22,17	31,12	14,69	0,38
Altura do sub-bosque (m)	12,00	18,30	7,40	0,36
Área basal (m ²)	0,44	1,35	0,004	0,02
Número de indivíduos	13,30	50,00	1,00	1,00
Cobertura do dossel (%)	80,50	89,72	45,90	0,60
IAF (m ² /m ²)	1,66	2,40	0,41	0,03
TTL (%)	26,06	77,03	13,13	0,90

Os valores máximos e mínimos demonstram que, mesmo em uma formação monodominante como o Cambarazal, pode haver significativas diferenças estruturais quando examinadas em grandes escalas espaciais (Tabela 2). As diferenças fisionômicas ilustradas na Figura 4 fazem com que as características estruturais da vegetação sejam significativamente diferentes entre as fisionomias. A cobertura do dossel é um exemplo disto: quando consideradas apenas parcelas na situação A (Figura 4), a média é superior a 83% de cobertura; em contraste, quando consideradas apenas parcelas na situação C (Figura 4), o índice é reduzido para 77%.

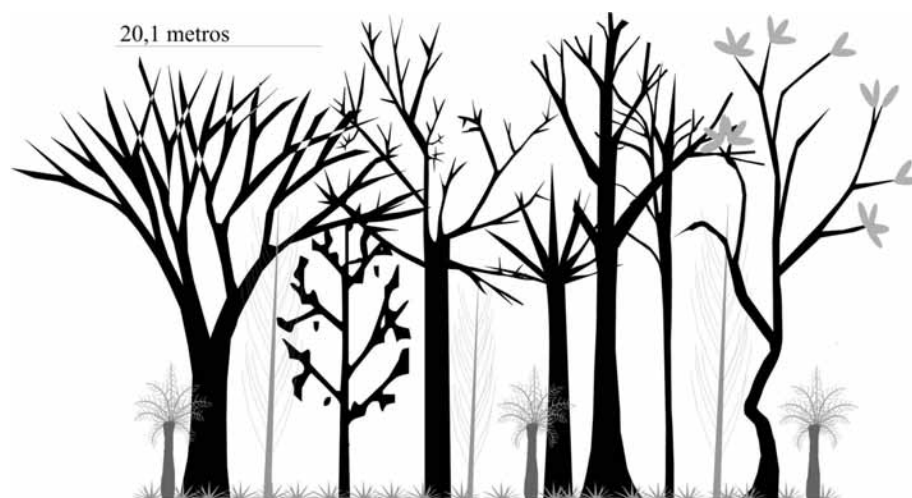
Cabe ressaltar que os valores mínimos de área basal, número de indivíduos, cobertura do dossel e índice de área foliar (IAF), além do valor máximo de transmissão total de luz (TTL), foram registrados em uma mesma unidade amostral, que se encontrava no contato de uma grande clareira com a matriz florestal.

Mata Seca

A Mata Seca possui grande semelhança fisionômica, e na composição de espécies arbóreas, com a formação tabocal. Contudo, apresenta maior densidade de árvores adultas, com menor espaçamento entre si, o que faz com que as folhas das copas se toquem no período úmido. Todavia o sub-bosque é pouco desenvolvido e é comum a presença de gravatás no solo (Figura 6).

Na RPPN SESC Pantanal essa formação parece ser uma transição entre as formações Mata com Acuri e o Campo com Murundus (leste e nordeste da Reserva). Desta forma, o registro da palmeira acuri é comum no sub-bosque de áreas de Mata Seca, embora ocorra com baixa densidade de indivíduos. Indivíduos de taboca também foram registrados em áreas de Mata Seca, mas estes casos foram mais raros (Figura 7).

FIGURA 5: Ilustração da fisionomia da formação Mata Seca na RPPN SESC Pantanal.



Todos os índices estruturais da vegetação registrados na Mata Seca foram intermediários quando comparados às demais formações. Um padrão fisionômico importante dessa formação vegetal é que, mesmo com a ocorrência de acuris ou de taboca em seu sub-bosque, em nenhuma outra unidade amostral foi possível identificar um estrato coeso de árvores abaixo do dossel emergente.

Outro fato relevante é que essa formação vegetal foi a última a ser avaliada para o cálculo dos índices no presente estudo; na metade da amostragem foi registrada uma precipitação que em alguns locais da RPPN SESC Pantanal ultrapassou 80 milímetros. Nos dias que sucederam esse evento, foi possível perceber um rápido rebrote nas copas das árvores, que anteriormente se encontravam completamente sem folhas. Por essa razão, os índices médios de IAF e cobertura do dossel, apresentados na Tabela 3, podem estar superestimados, enquanto o índice transmissão total de luz pode estar subestimado.

TABELA 3: Valores médios, máximos, mínimos e erro padrão da média dos atributos descritivos da estrutura da Mata Seca, registrados na RPPN SESC Pantanal. Altura do dossel, altura do sub-bosque, área basal, número de indivíduos, cobertura do dossel, índice de área foliar (IAF) e transmissão total de luz (TTL).

	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	ERRO PADRÃO
Altura do dossel (m)	20,01	29,45	11,84	0,35
Altura do sub-bosque (m)	-	-	-	-
Área basal (m ²)	0,41	1,78	0,04	0,02
Número de indivíduos	19,30	34,00	7,00	0,56
Cobertura do dossel (%)	74,54	84,58	61,93	0,58
IAF (m ² /m ²)	1,39	2,21	0,83	0,03
TTL (%)	35,89	53,74	19,63	0,80



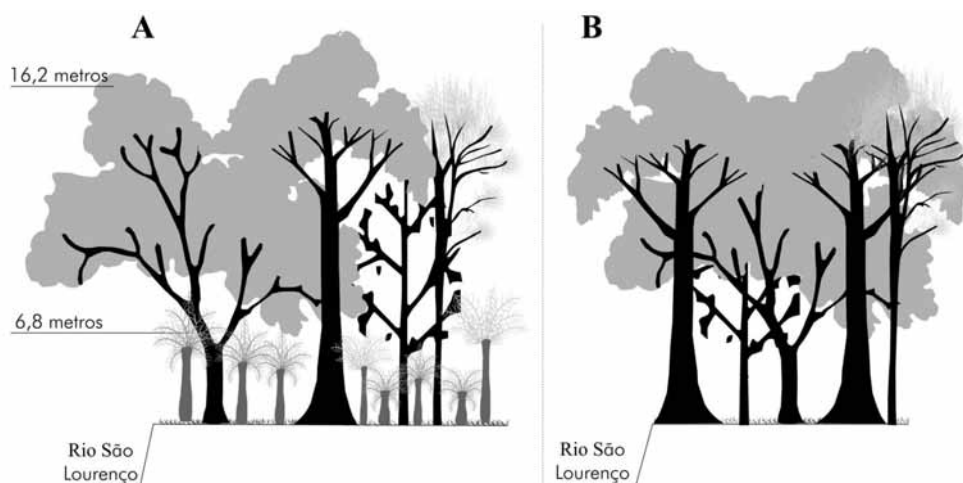
Mata Densa

A Mata Densa é uma formação que acompanha o curso do Rio São Lourenço na porção leste da RPPN SESC Pantanal (Figura 6). Essa é uma formação composta por grande riqueza de espécies, onde o dossel é formado por árvores caducifólias ou perenes, e com grande circunferência dos troncos (figueiras, paineiras, timbauvas, entre outras).

Essa mata pode ser dividida em duas fisionomias distintas (Figura 6): na primeira, encontrada no limite nordeste da Reserva, o sub-bosque é dominado pela palmeira acuri, que apresenta uma altura média de 6,8 metros, superior àquela registrada na formação Mata com Acuri (5,8 metros); na segunda forma, o sub-bosque é densamente ocupado por diversos tipos de plântulas de árvores, epífitas e lianas. Além dessas duas formas básicas, existem outras formações associadas à Mata Densa, como as matas de corixos (fisionomia florestal associada a corpos d'água alagáveis sazonalmente) e tucunzais (apresentando faixas com largura de 10 a 30 metros e altura média de 2,5 metros, onde o sub-bosque é totalmente dominado pela palmeira tucum (*Bactris glaucescens*). Ocorrem ainda áreas de capoeira (adjacências ao canal da locomóvel, na porção oriental da Reserva), com árvores frutíferas e gramíneas exóticas, que remontam à época em que a área estava sob forte influência antrópica.

FIGURA 6: Ilustração das duas fisionomias de Mata Densa na RPPN SESC Pantanal.

A – Mata Densa com sub-bosque dominado por acuri. B – Mata Densa sem a presença do acuri no sub-bosque.



A Mata Densa pode ser considerada o ambiente mais sombreado dentre as formações vegetais analisadas, em razão dos índices médios de área foliar e de cobertura do dossel, que diminuem a transmissão total de luz que chega ao sub-bosque. A riqueza de espécies, a densa cobertura do dossel e a presença de espécies de palmeiras são fatores que tornam a fisionomia dessa formação muito semelhante às florestas ciliares de rios do Cerrado. A presença de figueiras e de acuris no interior da Mata Densa ajuda a elevar consideravelmente a área basal média (Tabela 4).

TABELA 4: Valores médios, máximos, mínimos e erro padrão da média dos atributos descritivos da estrutura da Mata Densa no interior da RPPN SESC Pantanal. Altura do dossel, altura do sub-bosque, área basal, número de indivíduos, cobertura do dossel, índice de área foliar (IAF) e transmissão total de luz (TTL).

	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	ERRO PADRÃO
Altura do dossel (m)	16,2	26,40	6,2	0,38
Altura do sub-bosque (m)	6,8	10,89	4,1	0,28
Área basal (m ²)	0,77	2,36	0,05	0,05
Número de indivíduos	23,5	54,00	8,0	0,95
Cobertura do dossel (%)	86,6	90,17	81,0	0,21
IAF (m ² /m ²)	2,1	2,53	1,7	0,02
TTL (%)	18,4	26,25	10,4	0,35

Tabocal

O Tabocal é uma formação que possui uma densidade baixa de árvores adultas. Mesmo durante o período úmido, quando a maioria das árvores apresenta grande cobertura de folhas, as copas dos indivíduos não se tocam. O sub-bosque apresenta baixa riqueza e abundância de plântulas, em razão de ser ocupado por uma extraordinária densidade de tabocas (Figura 7), o que confere a essa formação um aspecto de monodominância.

Essa formação monodominante (tabocas chegam a representar mais de 90% da soma de indivíduos na parcela) ocorre em extensas áreas no extremo sul da RPPN SESC Pantanal, embora tabocais pouco extensos sejam encontrados no interior de outras formações como a Mata Seca e Mata com Acuri, e mesmo em certas áreas com predominância de Campos com Murundus. Seu limite leste corresponde a uma zona de transição para a formação Mata com Acuri e, por essa razão, alguns indivíduos dessa palmeira são registrados no sub-bosque do Tabocal.



FIGURA 7: Ilustração da fisionomia da formação Tabocal na RPPN SESC Pantanal.



O Tabocal apresentou o segundo maior número de indivíduos no interior das parcelas florestais (seguido ao Campo com Murundus), em função do elevado número de tabocas (cerca de 70% do total). Este fato influenciou diretamente outros valores, como a área basal média das formações avaliadas, uma vez que a taboca apresenta menor circunferência. Outro fator importante referente a essa formação é a baixa altura média das tabocas (Tabela 5) que, somadas à sua grande concentração, confere ao ambiente um aspecto fechado, com elevados valores evidenciados nos índices de cobertura do dossel e de área foliar.

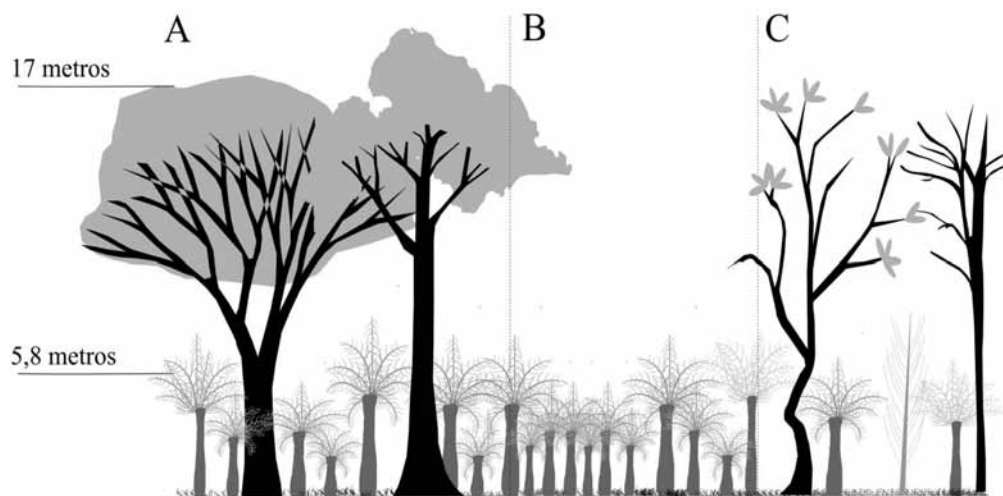
TABELA 5: Valores médios, máximos, mínimos e erro padrão da média dos atributos descritivos da estrutura vegetal registrados em Tabocal no interior da RPPN SESC Pantanal. Altura do dossel, altura do sub-bosque, área basal, número de indivíduos, cobertura do dossel, índice de área foliar (IAF) e transmissão total de luz (TTL).

	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	ERRO PADRÃO
Altura do dossel (m)	18,3	34	9,8	0,48
Altura do sub-bosque (m)	4,7	7,7	2,6	0,13
Área basal (m ²)	0,19	0,76	0,01	0,02
Número de indivíduos	41,3	85,0	12,0	1,43
Cobertura do dossel (%)	77,6	89,4	64,8	0,57
IAF (m ² /m ²)	1,6	2,6	1,0	0,04
TTL (%)	32,7	58,1	13,6	1,05

Mata com Acuri

A partir das margens do Rio São Lourenço, em direção ao oeste, a Mata com Acuri é uma formação vegetal que ocorre como transição da Mata Densa para as formações mais abertas ou semiabertas. Em diferentes situações, essa formação apresenta fisionomias distintas. No nordeste da RPPN ocorrem acurizais densos onde os acuris, em certas áreas, dominam completamente o sub-bosque, de maneira muito semelhante ao primeiro padrão apresentado na figura 8-A. Nas proximidades do Posto Santa Maria há áreas onde os acuris chegam a representar mais de 90% do total dos indivíduos das parcelas florestais (Figura 8-B). Já em zonas de transição para outras formações, como Mata Seca e Tabocal, a Mata com Acuri apresenta gradualmente menor número de indivíduos da palmeira, e o dossel passa a ser formado cada vez mais por espécies de árvores caducifólias (Figura 8-C).

FIGURA 8: Ilustração das três fisionomias de Mata com Acuri encontradas na RPPN SESC Pantanal. A – Mata com Acuri com grande número de indivíduos arbóreos e com sub-bosque dominado por acuri; B – Mata com Acuri em que os indivíduos de acuri representam mais de 90% da parcela florestal; C – Mata com Acuri na transição para outros tipos florestais, com redução gradual do número de indivíduos de acuri.





Se em algumas situações a Mata com Acuri mostrou-se uma formação similar à Mata Densa, estruturalmente, o número de indivíduos foi a única variável que não as diferenciou significativamente (Figura 3).

A Mata com Acuri possui valores intermediários de altura do dossel, além de altos valores nos índices de área foliar, cobertura do dossel e área basal, e baixos valores de transmissão de luz (TTL), inferiores apenas aos índices verificados na Mata Densa.

A grande densidade de acuris auxilia a elevar os valores médios de área basal, já que essa palmeira se notabiliza por apresentar uma considerável circunferência. A altura média do sub-bosque (quando formado exclusivamente por indivíduos de acuri) foi 5,8 metros, em média um metro inferior à altura dos acuris quando formando sub-bosque em áreas de Mata Densa (Tabela 6).

TABELA 6: Valores médios, máximos, mínimos e erro padrão da média dos atributos descritivos da estrutura vegetal de áreas de Mata com Acuri no interior da RPPN SESC Pantanal. Altura do dossel, altura do sub-bosque, área basal, número de indivíduos, cobertura do dossel, índice de área foliar (IAF) e transmissão total de luz (TTL).

	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	ERRO PADRÃO
Altura do dossel (m)	17,02	27,80	6,90	0,41
Altura do sub-bosque (m)	5,83	8,67	3,43	0,12
Área basal (m ²)	1,09	2,64	0,09	0,05
Número de indivíduos	23,70	55,00	7,00	1,03
Cobertura do dossel (%)	83,70	93,00	69,00	0,54
IAF (m ² /m ²)	1,96	2,60	1,10	0,03
TTL (%)	20,60	44,90	11,20	0,54

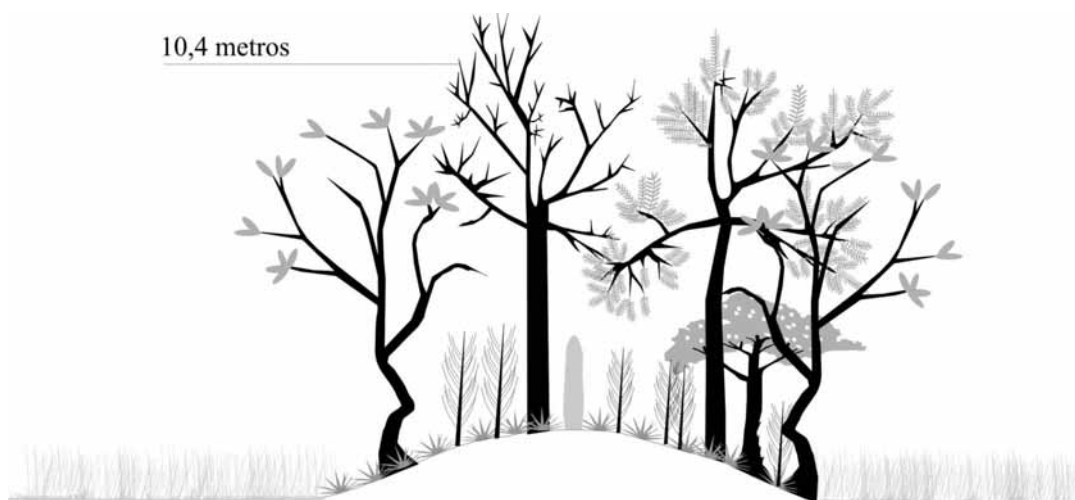
Campo com Murundus

Por ser uma formação vegetal savânica, e não florestal como as demais, o Campo com Murundus é fisionomicamente bastante diferenciado: apresenta uma matriz herbácea nativa (como nas extensas áreas entre os postos Nossa Senhora do Carmo e São Luiz, ou exótica, como nas proximidades do Posto São Luiz) e uma grande densidade de indivíduos arbóreos sempre associados a uma pequena elevação do terreno, formando um murundu.

Esse nome é dado à pequena cordilheira de vegetação arbórea que geralmente tem origem pela ação combinada de fatores hidrológicos/geológicos e de cupins na formação de cupinzeiros, com consequente agregação de vegetação arbustiva e arbórea (OLIVEIRA-FILHO, 1992; PONCE e CUNHA, 1993).

Há uma grande variabilidade nas dimensões dos murundus. Os capões menores possuem uma cobertura vegetal bastante densa, e os capões maiores concentram indivíduos nas bordas, porém a área central apresenta-se praticamente desprovida de vegetação arbórea, com o solo coberto por alta densidade de bromélias do tipo gravatá (Figura 9).

FIGURA 9: Ilustração da fisionomia da formação Campo com Murundus na RPPN SESC Pantanal.



Em casos nos quais os murundus eram pequenos e, conseqüentemente, menores que a parcela (10 x 10 metros), toda a vegetação era amostrada. Já nos capões maiores, a amostragem era realizada a partir do centro do murundu (geralmente ocupada por um cupinzeiro). Essa formação apresentou a menor altura média das copas, pois geralmente era composta por árvores pequenas como a lixeira (*Curatella americana*). No entanto, foi a que mostrou o maior número de indivíduos (valores médios e absolutos), e a maioria das espécies arbóreas que ali ocorrem são total ou parcialmente caducifólias. Esses fatores, somados, justificam a reduzida cobertura do dossel e os valores observados de área foliar (IAF), além da média de transmissão total de luz, superior a 45% (Tabela 7).

TABELA 7: Valores médios, máximos, mínimos e erro padrão da média dos atributos descritivos da estrutura vegetal de Campo com Murundus no interior da RPPN SESC Pantanal. Altura do dossel, altura do sub-bosque, área basal, número de indivíduos, cobertura do dossel, índice de área foliar (IAF) e transmissão total de luz (TTL).

	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	ERRO PADRÃO
Altura do dossel (m)	10,40	16,90	6,02	0,20
Altura do sub-bosque (m)	-	-	-	-
Área basal (m ²)	0,36	0,81	0,07	0,01
Número de indivíduos	43,10	169,00	16,00	2,30
Cobertura do dossel (%)	63,03	82,81	36,03	1,08
IAF (m ² /m ²)	0,97	1,86	0,30	0,03
TTL (%)	45,30	80,70	18,39	1,42



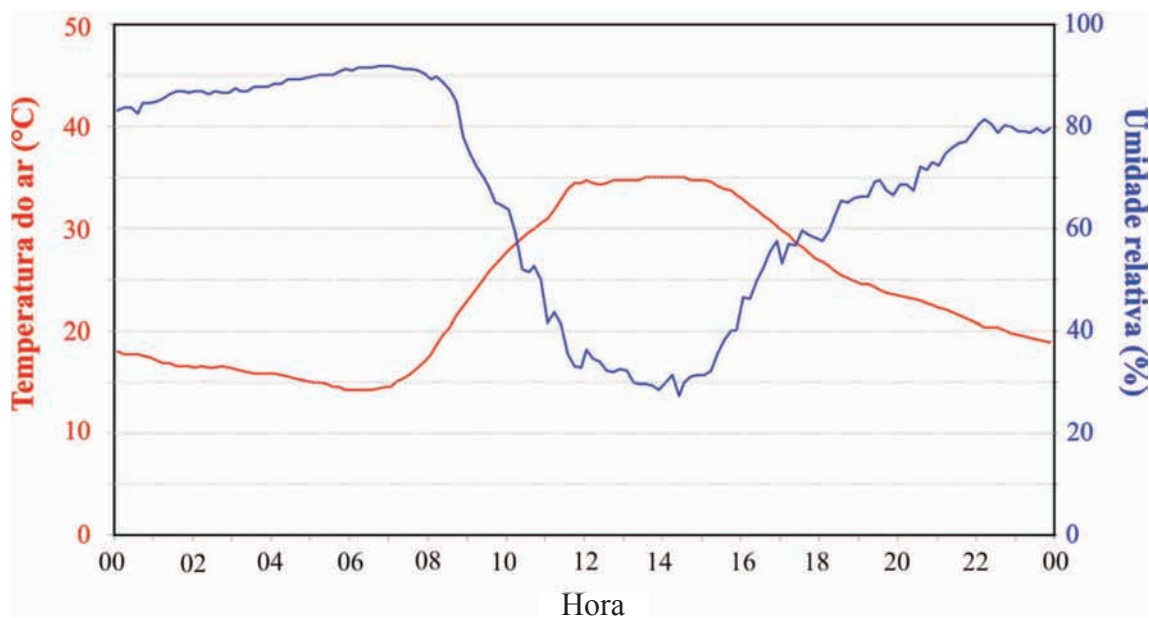
1.3.3 Padrões higrotérmicos no interior das formações vegetais

Cambarazal

Sob o ponto de vista microclimático, o Cambarazal apresenta características muito similares a outras florestas tropicais, sendo caracterizado por uma estabilidade térmica em seu sub-bosque, que reduz a magnitude de todos os índices quando comparados aos registrados em áreas abertas adjacentes. Em dias claros e sem vento, típicos da época de estiagem no Pantanal (inverno austral), foi observada uma elevada amplitude térmica diária para uma área florestal como Cambarazal. Nesses dias, a temperatura do ar segue um padrão bem definido, em que a mínima diária ocorre após as 6h da manhã quando o Sol já está acima da linha do horizonte, e a máxima diária ocorre entre 14h e 15h.

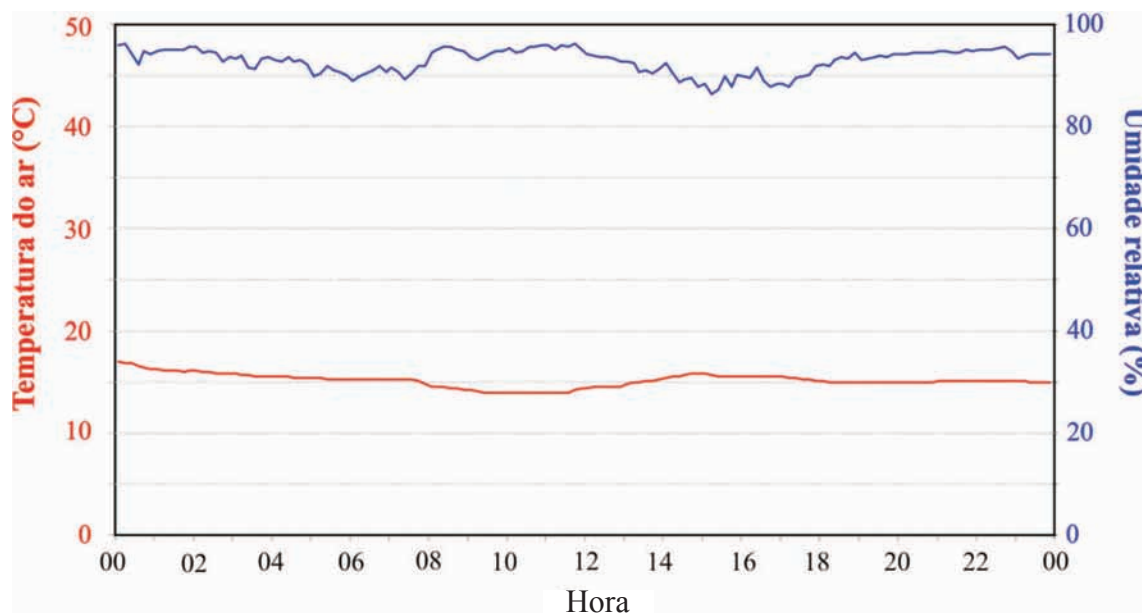
Após o registro da temperatura máxima diária ocorre um resfriamento intensificado durante o ocaso do Sol. Já a umidade relativa diária reflete a variação inversa da temperatura, com o máximo (acima dos 90%) coincidindo com a temperatura mínima do ar e diminuindo drasticamente com o avanço da manhã. Após o meio-dia o aumento da umidade acompanha a redução da temperatura. A umidade do ar é muito sensível a pequenas mudanças, mesmo que efêmeras, de fatores como luz e vento. Por essa razão sua curva apresenta maior variabilidade em relação à curva da temperatura (Figura 10).

FIGURA 10: Variação diária de temperatura do ar (linha vermelha) e da umidade relativa do ar (linha azul) em um dia sem vento e sem nebulosidade (23/8/2007) em uma área de Cambarazal na RPPN SESC Pantanal.



Em dias com intensa nebulosidade, típicos da estação chuvosa no Pantanal (verão austral), as variações ao longo do dia são praticamente inexistentes. Em um dia considerado como referência (Figura 11), a amplitude térmica diária no interior do Cambarazal foi de apenas 3,1°C, enquanto a umidade do ar máxima foi de 96,4% e a mínima de 86,3%.

FIGURA 11: *Variação diária de temperatura do ar (linha vermelha) e da umidade relativa do ar (linha azul) em um dia com intensa nebulosidade (27/8/2007), em uma área de Cambarazal na RPPN SESC Pantanal.*



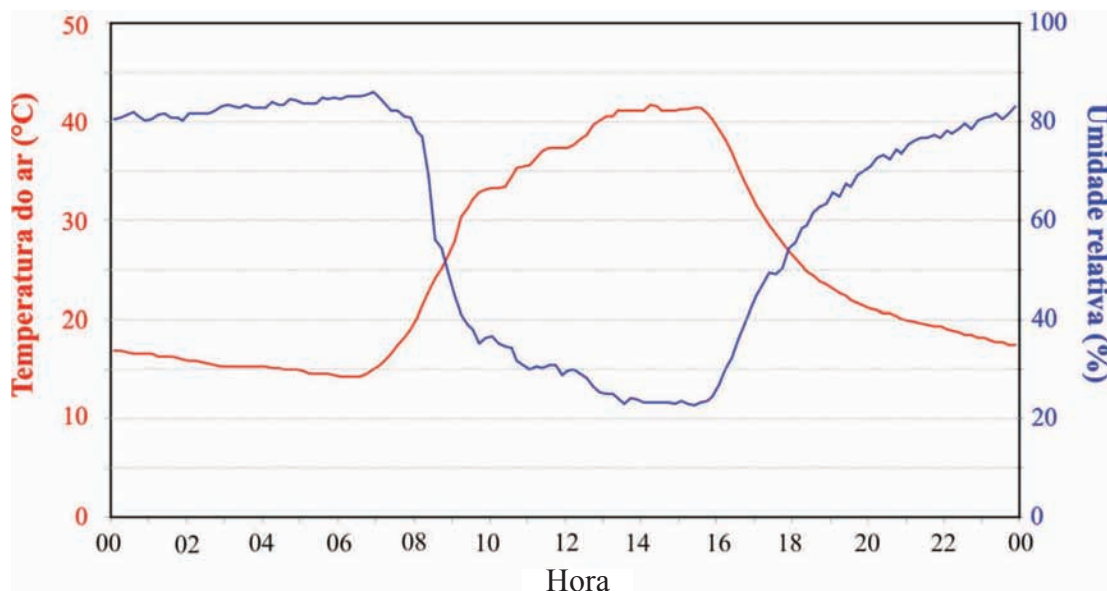
Mata Seca

A formação Mata Seca apresentou padrões microclimáticos mais próximos a uma área aberta do que a uma formação florestal. As intensas variações térmicas verificadas diariamente no sub-bosque dessa formação foram semelhantes às registradas no Campo com Murundus e no Tabocal.

Particularmente a Mata Seca mostrou-se muito suscetível a altas temperaturas; em dias sem vento e nebulosidade as camadas de ar junto ao solo eram rapidamente aquecidas após o nascer do Sol. Na metade das manhãs, grande parte do sub-bosque já recebia radiação diretamente e, por essa razão, temperaturas acima de 40° C eram comuns durante períodos prolongados. Nessas ocasiões a umidade relativa do ar atingia valores abaixo de 25%. Após as 16h a temperatura do ar sofria forte redução, mantendo essa tendência até o nascer do Sol no dia seguinte. Nas primeiras horas da noite a umidade relativa do ar geralmente já se encontrava acima dos 70% (Figura 12).

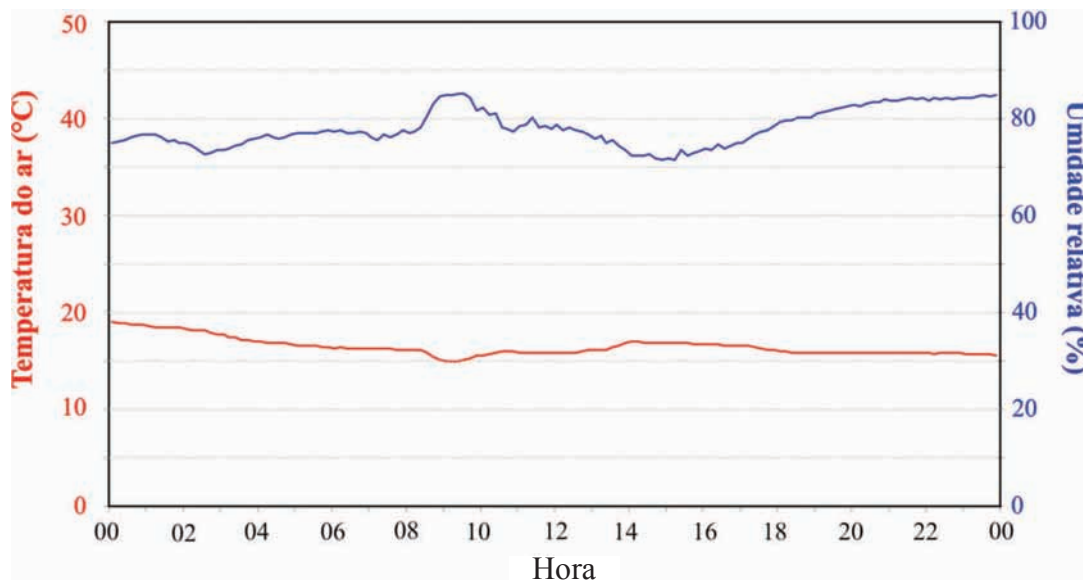


FIGURA 12: Variação diária de temperatura do ar (linha vermelha) e da umidade relativa do ar (linha azul) em um dia sem vento e sem nebulosidade (23/8/2007) em uma área de Mata Seca na RPPN SESC Pantanal.



A Figura 13 apresenta as variações de temperatura e umidade do ar no sub-bosque de Mata Seca em dia de intensa nebulosidade. Mesmo não apresentando grandes variações microclimáticas ao longo do dia, verificou-se, no mesmo período, significativa diferença nos índices de umidade relativa da Mata Seca (média diária de 81%) em relação aos observados no Cambarazal (Figura 11), cuja média diária foi de 90%. Nesse dia, a amplitude térmica na Mata Seca foi de 4°C (máxima de 19°C à meia-noite e mínima de 15°C registrados às 9h30).

FIGURA 13: Variação diária de temperatura do ar (linha vermelha) e da umidade relativa do ar (linha azul) em um dia com intensa nebulosidade (27/8/2007) em uma área de Mata Seca na RPPN SESC Pantanal.



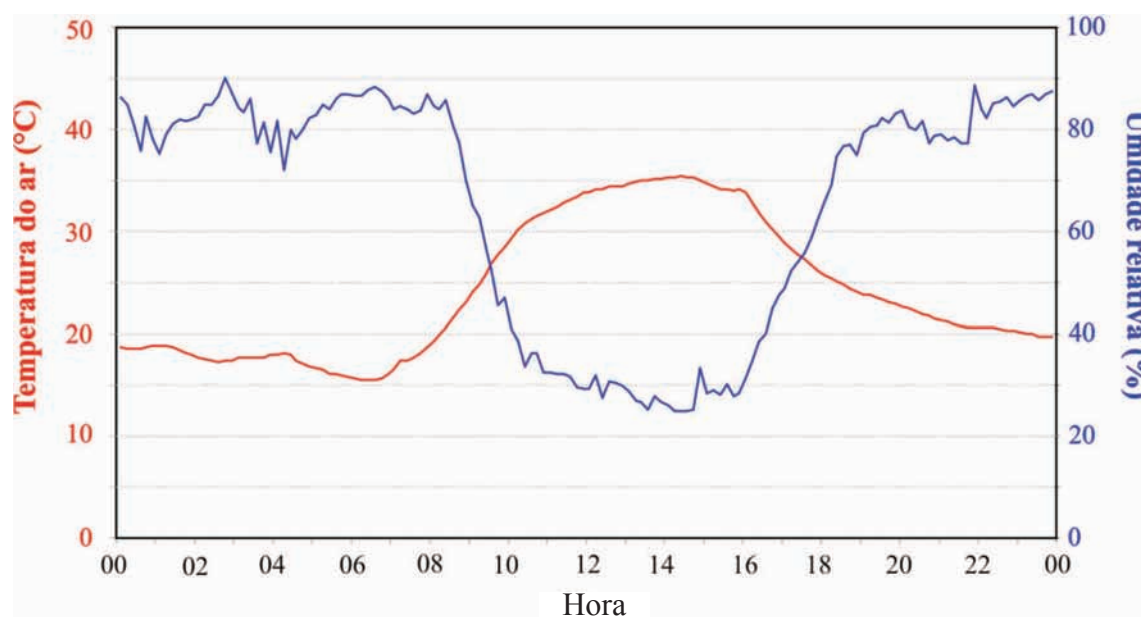
Mata Densa

A Mata Densa apresentou padrões microclimáticos típicos das florestas tropicais e muito semelhantes ao Cambarazal. Essa formação registrou a menor amplitude térmica diária entre as formações, fato que pode ser diretamente relacionado à presença de uma maior cobertura do dossel e de IAF.

Outro fator que contribui muito para a estabilidade térmica da Mata Densa é o fato de ela estar localizada a poucos metros de um considerável corpo hídrico (Rio São Lourenço), que auxilia indiretamente na manutenção do frescor e da umidade do ar. Assim como na formação Cambarazal, a temperatura mínima diária era registrada após as 6h da manhã, com o Sol acima da linha do horizonte, iniciando-se, em seguida, o aquecimento no sub-bosque florestal (Figura 14).

Mesmo estando em um ambiente sombreado às margens do Rio São Lourenço, em dias ensolarados a umidade do ar iniciava nas primeiras horas da manhã uma drástica redução, estabilizando-se a níveis baixos até a metade da tarde, quando retomava a uma fase de aumento ao longo das horas crepusculares.

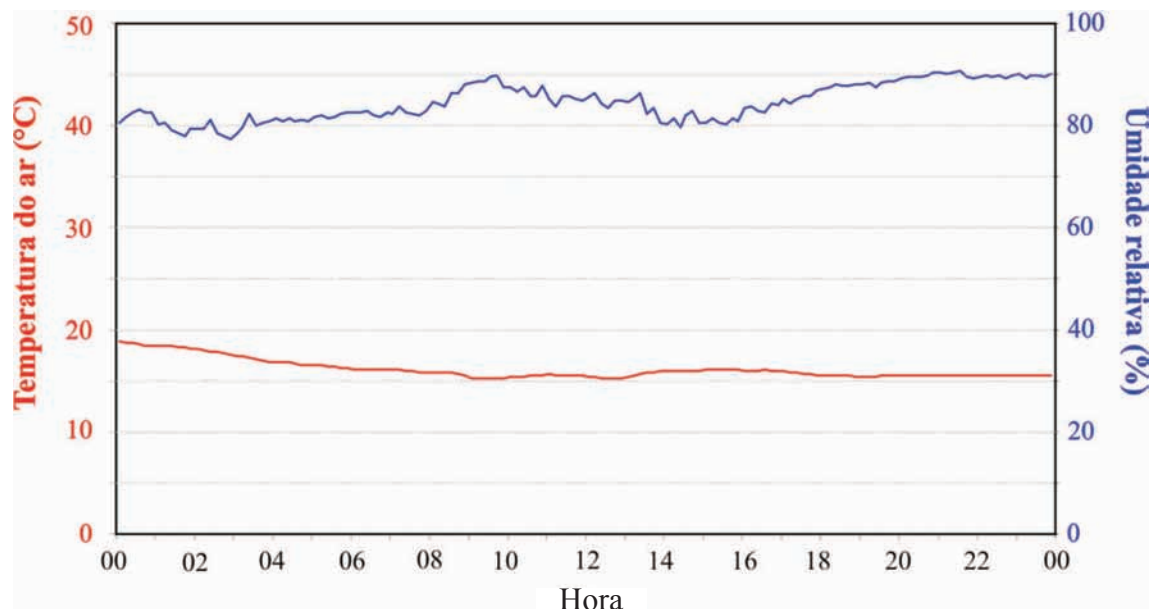
FIGURA 14: Variação diária de temperatura do ar (linha vermelha) e da umidade relativa do ar (linha azul) em um dia sem vento e sem nebulosidade (23/8/2007) em uma área de Mata Densa na RPPN SESC Pantanal.



A Figura 15 demonstra as variações higrotérmicas em um dia com intensa nebulosidade, quando os índices de umidade do ar mantiveram-se altos ao longo do dia (mínimo 77,3% e máximo 91%), notavelmente inferiores aos registrados no Cambarazal (Figura 11) e superiores aos registrados na Mata Seca (Figura 13). A amplitude térmica diária foi de 3,7°C, com a máxima diária de 18,9°C registrada à meia-noite e a mínima de 15,2°C registrados às 9h50.



FIGURA 15: Variação diária de temperatura do ar (linha vermelha) e da umidade relativa do ar (linha azul) em um dia com intensa nebulosidade (27/8/2007) em uma área de Mata Densa na RPPN SESC Pantanal.

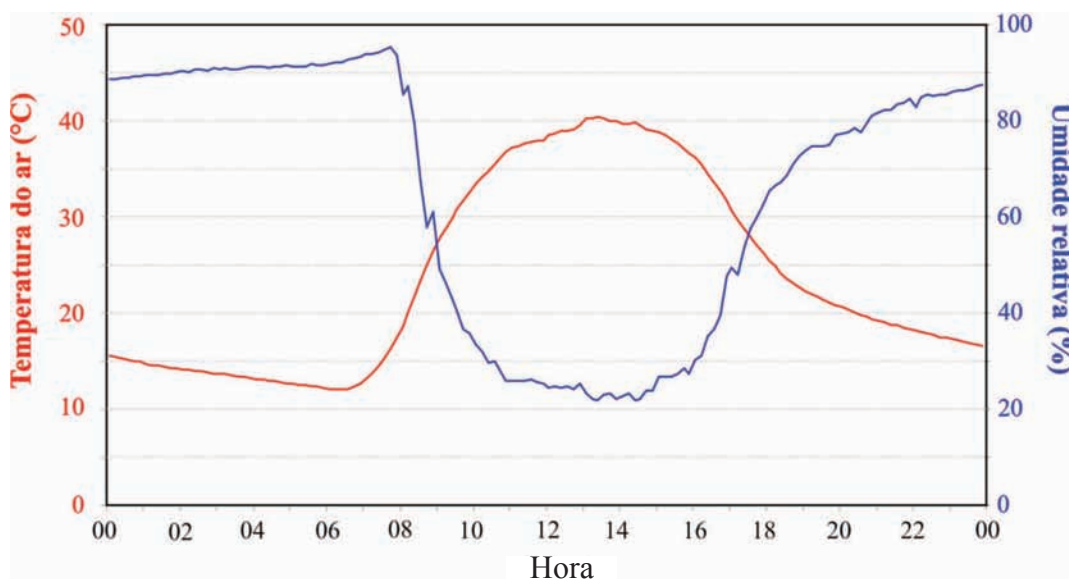


Tabocal

Assim como a formação Mata Seca, o Tabocal apresentou características térmicas mais próximas a uma área aberta do que a uma área florestal. Em dias sem vento e nebulosidade, o padrão de grande amplitude térmica ao longo do dia, e de umidade relativa do ar, ressalta a semelhança com as áreas abertas. Em média, 30 minutos após o nascer do Sol eram registradas as temperaturas mínimas diárias e os índices máximos de umidade do ar. A partir desse momento a temperatura sofria forte elevação e a umidade iniciava uma redução brusca.

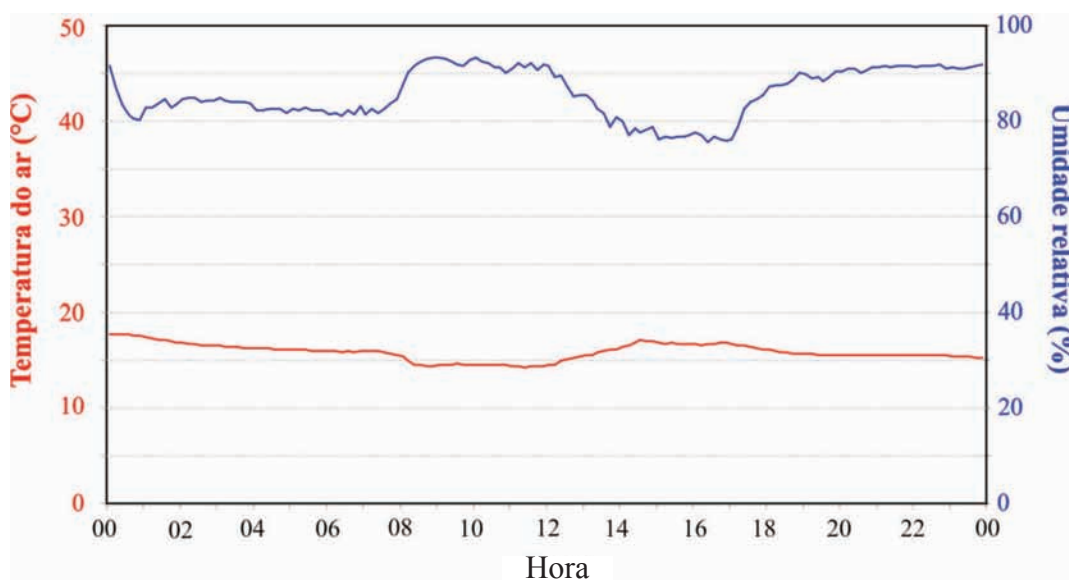
Entre 11h e 15h ocorria um período de relativa estabilidade higrotérmica, em torno de 40°C de temperatura e de 30% de umidade relativa. Com o avanço da tarde, mantinha-se a tendência de resfriamento do ar acompanhado da elevação da umidade relativa ao longo de todo período noturno (Figura 16).

FIGURA 16: Variação diária de temperatura do ar (linha vermelha) e da umidade relativa do ar (linha azul) em um dia sem vento e sem nebulosidade (23/8/2007) em uma área de Tabocal na RPPN SESC Pantanal.



Mesmo sob intensa nebulosidade, o Tabocal apresentou uma amplitude diária de umidade relativa de 17% (máximo de 93,3% e mínimo de 75,3%), valor considerável quando comparado ao mesmo índice registrado nas demais formações no mesmo período. Já a variação térmica no interior do Tabocal não apresentou amplitude semelhante. A máxima diária de 17,7°C foi registrada à meia-noite e a mínima de 14,3°C ocorreu às 11h20 (Figura 17).

FIGURA 17: Variação diária de temperatura do ar (linha vermelha) e da umidade relativa do ar (linha azul) em um dia com intensa nebulosidade (27/8/2007) em uma área de Tabocal na RPPN SESC Pantanal.



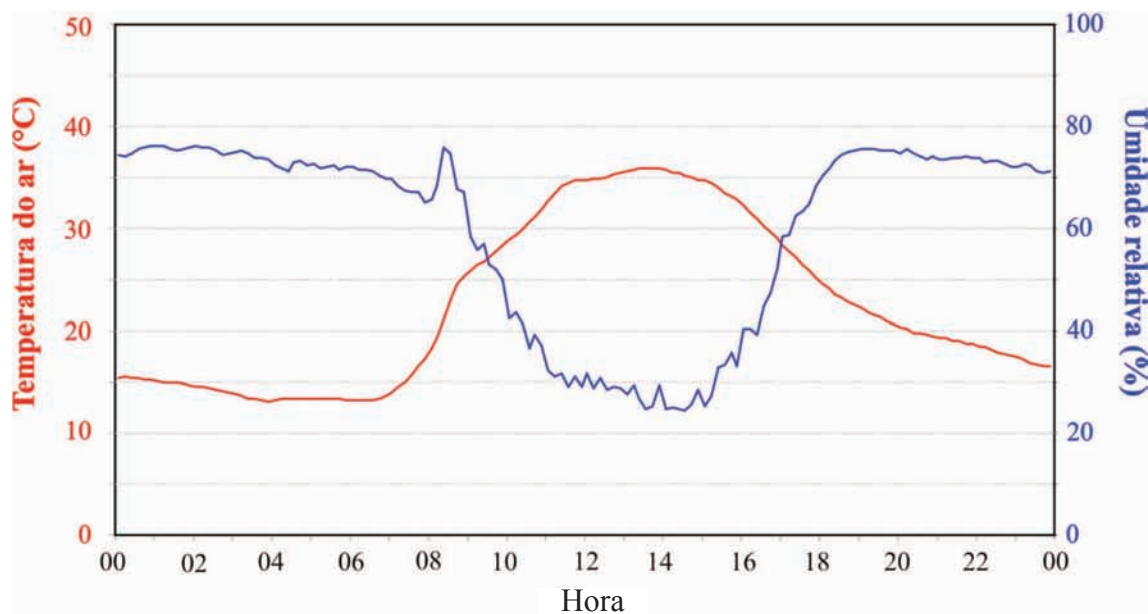


Mata com Acuri

As variações térmicas ao longo de dias claros revelaram um padrão curioso em relação à formação Mata com Acuri. Durante o dia é similar termicamente às formações com dosséis mais densos (Cambarazal e Mata Densa), mas à noite ocorre forte perda de calor, semelhante à verificada nas formações com menor cobertura do dossel (Mata Seca, Campo com Murundus e Tabocal).

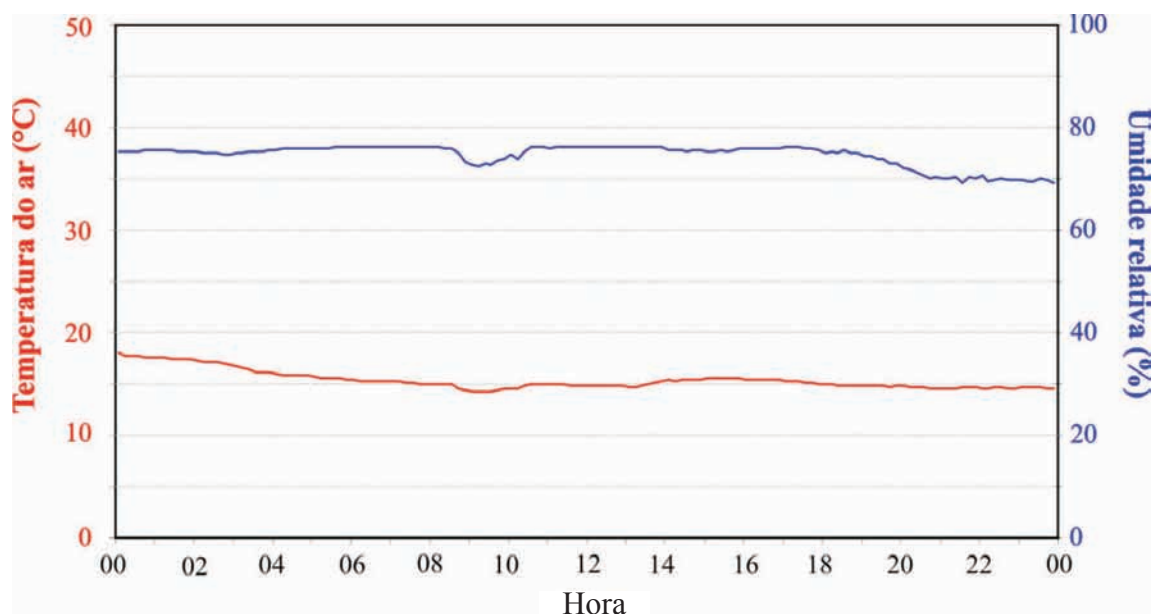
O início do aquecimento geralmente iniciava em torno de 6h30, com a temperatura máxima sendo registrada entre 14h e 15h. A partir das 16h, o sub-bosque da Mata com Acuri sofria resfriamento, tendência que se mantinha ao longo da madrugada. O sensor de umidade relativa do ar instalado na Mata com Acuri apresentou um defeito durante a noite, em período de ascensão da umidade do ar e posterior queda repentina, quando o instrumento registrava aproximadamente 75% (Figura 18). Consideramos que esta queda não reflete a realidade e por essa razão os dados apresentados na Figura 12 devem ser considerados subestimados.

FIGURA 18: *Variação diária de temperatura do ar (linha vermelha) e da umidade relativa do ar (linha azul) em um dia sem vento e sem nebulosidade (23/8/2007) em uma área de Mata com Acuri na RPPN SESC Pantanal.*



Em um dia com intensa nebulosidade a temperatura no interior da Mata com Acuri sofreu redução ao longo da madrugada. A partir das 6h da manhã as variações foram praticamente inexistentes (Figura 19). Ao fim do dia a amplitude térmica foi de 3,8°C (mínima de 18°C registrada à meia-noite e a máxima de 14,2°C registrada às 9h20).

FIGURA 19: Variação diária de temperatura do ar (linha vermelha) e da umidade relativa do ar (linha azul) em um dia com intensa nebulosidade (27/8/2007) em uma área de Mata com Acuri na RPPN SESC Pantanal.

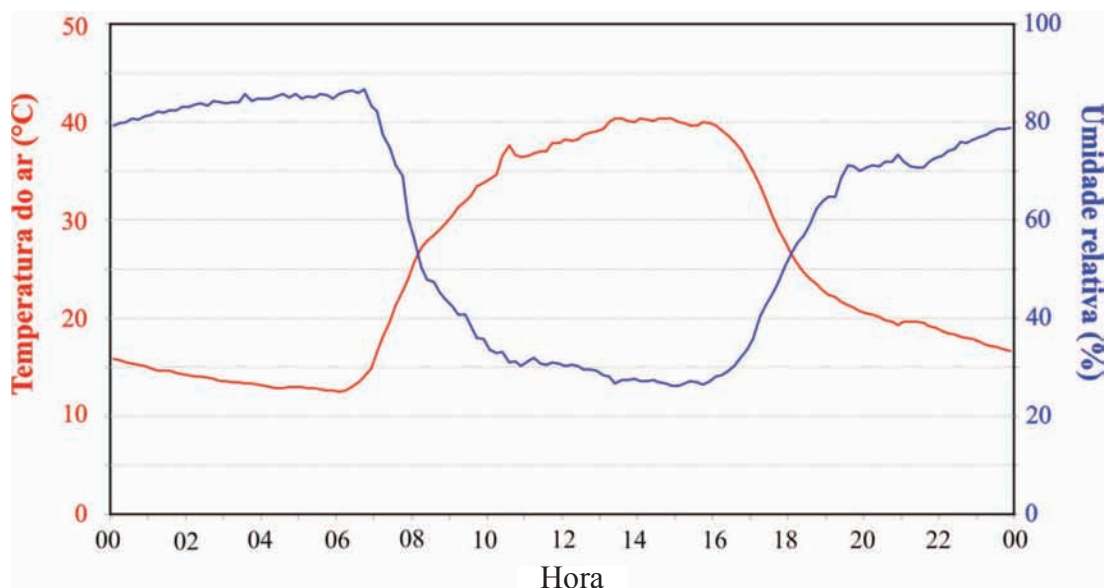


Campo com Murundus

Os padrões de aquecimento diurno e resfriamento noturno no interior de um Murundu foram similares ao verificados em Campo Aberto, embora com menor magnitude. Os dias ensolarados e sem vento foram marcados por grande amplitude higrótérmica, com a temperatura do ar mantendo-se acima de 35°C e a umidade relativa do ar abaixo de 30% durante os períodos mais quentes do dia. A elevação da temperatura e redução da umidade do ar pela manhã iniciava poucos minutos após o nascer do Sol (semelhante ao verificado em Campo Aberto e adiantado em relação às demais formações). O resfriamento e a ascensão da umidade do ar também iniciavam mais cedo do que nos demais tipos de formação (Figura 20).

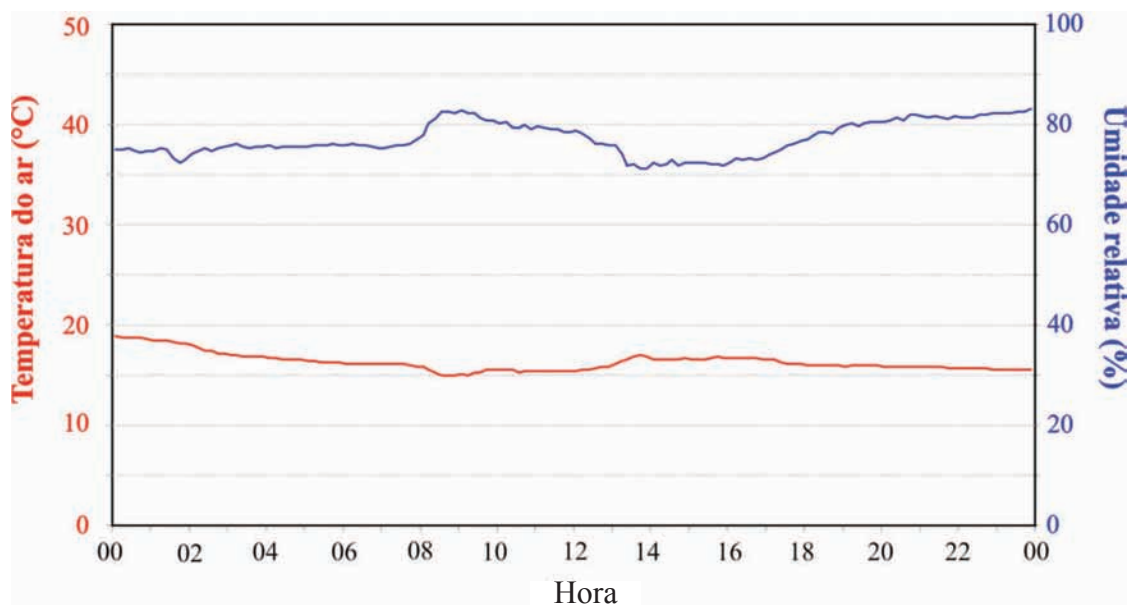


FIGURA 20: Variação diária de temperatura do ar (linha vermelha) e da umidade relativa do ar (linha azul) em um dia sem vento e sem nebulosidade (23/8/2007) em uma área de Campo com Murundus na RPPN SESC Pantanal.



A Figura 21 mostra as variações higrotérmicas registradas no interior de um Murundu em um dia de intensa nebulosidade. A amplitude térmica foi de 4°C (máxima 18,9°C registrada à meia-noite e a mínima de 14,9°C registrada às 8h40). A umidade relativa máxima foi de 83% (registrada às 23h40) e a mínima de 71,2% (registrada às 13h40).

FIGURA 21: Variação diária de temperatura do ar (linha vermelha) e da umidade relativa do ar (linha azul) em um dia com intensa nebulosidade (27/8/2007) em uma área de Campo com Murundus na RPPN SESC Pantanal.



1.3.4 Comparações microclimáticas entre as formações vegetais

Temperatura do ar

Os dados registrados na primeira etapa de avaliação mostram a grande variabilidade térmica do Campo Aberto, em comparação às demais formações. Nesse ambiente foram registrados os maiores valores para todos os parâmetros, exceto para temperatura média (Tabela 8).

Toda a série de dados da primeira etapa revelou uma tendência de maior estabilidade da temperatura na Mata Densa e Cambarazal. Já as formações Campo com Murundus, Tabocal e Mata Seca mostraram-se mais suscetíveis às oscilações do tempo, com maiores amplitudes térmicas, maior acúmulo de horas de frio e calor (abaixo de 10°C e 15°C acima de 35°C e 40°C, respectivamente), fato evidenciado por valores semelhantes aos registrados em Campo Aberto.

A formação Mata com Acuri apresentou uma característica peculiar: foi termicamente estável durante os períodos quentes, mas suscetível a baixas temperaturas, principalmente à noite, como comprovam as médias das mínimas e a temperatura mínima absoluta (Tabela 8).

TABELA 8: Média das temperaturas máximas e mínimas, temperatura média, temperaturas mínimas e máximas absolutas, amplitude térmica diária média, somatório do número de horas acima de 40°C e 35°C e abaixo de 15°C e 10°C, com dados referentes à primeira etapa de avaliação (1/8/2007 a 15/9/2007) para cada formação vegetal. Valores entre parênteses indicam erro padrão. DEN – Mata Densa; CAB – Cambarazal; CAM – Campo com Murundus; MAC – Mata com Acuri; SEC – Mata Seca e TAB – Tabocal.

	CAMPO	CAB	CAM	DEN	MAC	SEC	TAB
Média das Máximas	37,50 (0,69)	31,00 (0,66)	36,30 (0,75)	31,20 (0,68)	31,70 (0,74)	36,70 (0,77)	35,10 (0,89)
Temperatura Média	22,70 (0,44)	21,6 (0,4)	22,90 (0,47)	22,10 (0,44)	21,10 (0,43)	23,00 (0,47)	22,2 (0,5)
Média das Mínimas	12,00 (0,43)	14,80 (0,33)	13,5 (0,4)	15,90 (0,38)	13,40 (0,37)	14,20 (0,36)	13,3 (0,4)
Mínima absoluta	6,1	8,3	7,3	9,1	7,2	7,6	6,4
Máxima absoluta	44	35,7	41,9	35,9	38,7	42,5	42,4
Amplitude Média	25,4 (0,7)	16,20 (0,57)	22,80 (0,72)	15,20 (0,54)	18,20 (0,66)	22,4 (0,7)	21,80 (0,81)
Σ de horas >40° C	45,5	0,0	16,9	0,0	0,0	30,6	21,6
Σ de horas >35° C	199,1	6,7	168,9	21,6	37,9	148,4	126,8
Σ de horas <15° C	235,8	114,4	181,7	86,3	223,2	142,6	206,1
Σ de horas <10° C	26,8	5,4	11,0	4,2	11,6	9,4	14,0



Umidade relativa do ar

O Cambarazal pode ser considerado a formação mais úmida da RPPN SESC Pantanal, com a média diária de umidade relativa do ar de 70,1% (Mata Densa 69,3%, Tabocal 65%, Mata Seca 61,7% e Campo com Murundus 60,2%).

A Mata Seca foi a formação que apresentou os mais baixos índices médios e absolutos de umidade relativa entre todas as formações, com uma média mínima de umidade diária de 32%, sendo que em 22 dias do período de avaliação esse índice foi inferior a 30%.

As médias mínimas diárias das demais formações foram: Tabocal 32,5%, Campo com Murundus 34,4%, Mata Densa 36,6% e Cambarazal 39,7% (em 10 dias do período a umidade do sub-bosque do Cambarazal registrou índices inferiores a 30%). Durante o período noturno o Tabocal foi caracterizado pelos mais elevados índices de umidade do ar entre todas as formações: média das máximas de 93,8%.

As demais formações apresentaram uma relativa gama de valores: Mata Densa 93,1%; Cambarazal 92,1%; Mata Seca 89,5%; e Campo com Murundus 87,6%. Em razão de um problema apresentado pelo sensor de umidade do ar, os registros na Mata com Acuri foram prejudicados, e a comparação com as demais formações impossibilitada.

Análise dos padrões térmicos diários

Assim como nas demais formações, as temperaturas máximas registradas em campo aberto seguiram um padrão temporal bem definido e foram registradas em dias com bom tempo entre 13h e 14h (as demais formações, cerca de uma hora mais tarde).

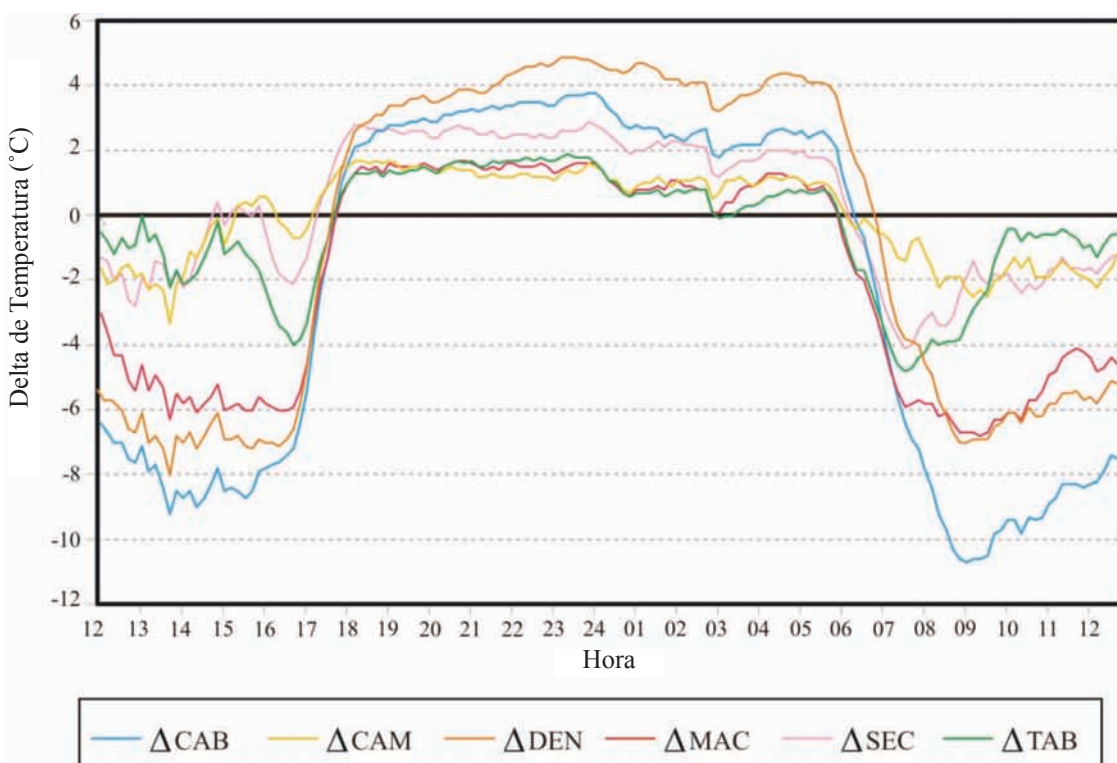
A mesma relação foi verificada nas mínimas diárias onde, no Campo Aberto, essas ocorreram momentos antes do nascer do Sol, aproximadamente às 5h40, com as demais formações registrando esses valores 30 minutos após a área controle, já com Sol acima da linha do horizonte.

A Figura 22 representa um dia típico de estação seca no Pantanal Mato-Grossense (sem vento e sem nebulosidade), em um perfil mostrando as diferenças de temperatura (deltas) em relação ao Campo Aberto. A variação da temperatura ao longo do dia provoca flutuações na magnitude das diferenças entre o Campo Aberto e as demais formações. Até as 16h as diferenças foram pronunciadas nas formações com dossel mais denso. Já as formações semiabertas caracterizam-se por constante instabilidade que, em alguns momentos, as torna termicamente semelhantes ao Campo Aberto.

Com o avanço da tarde, todas as formações tenderam a ter seu contraste reduzido em relação ao Campo Aberto, atingindo seu máximo entre 17h e 18h, resultado de uma rápida perda de calor no Campo Aberto. Com o ocaso do Sol as diferenças (deltas) mostram-se invertidas, com as formações mais aquecidas que o campo.

Durante a madrugada ocorreu uma pequena contração das diferenças térmicas (deltas), que tornaram a elevar-se posteriormente. Às 5h30, quando o campo aberto registrou sua temperatura mínima diária (12,8°C), ocorreu súbito aumento dos gradientes, que atingiriam seus valores máximos por volta das 7h30 nas formações semiabertas Mata Seca e Tabocal, e somente às 9h para as formações mais densas como Cambarazal, Mata Densa e Mata com Acuri.

FIGURA 22: Perfil das diferenças térmicas entre formações e Campo Aberto entre 12h do dia 8/9/2007 e 13h do dia 9/9/2007. O valor zero no eixo das ordenadas representa a temperatura do Campo Aberto (controle). Δ CAB é a temperatura do Cambarazal menos a do controle, assim como nas demais (Δ CAM Campo com Murundus, Δ DEN Mata Densa, Δ MAC Mata com Acuri, Δ SEC Mata Seca, e Δ TAB Tabocal).



Em todos os dias de avaliação, as diferenças térmicas entre as formações e o Campo Aberto atingiram seus escores máximos em um padrão temporal bem definido. Na Figura 23, os triângulos negros representam o período do dia em que se verificou o maior contraste entre as formações e o controle; quando as formações estão mais frescas, ocorreram diferenças térmicas negativas em relação ao campo.

Já os triângulos cinza representam a hora do dia em que ocorreram as maiores diferenças térmicas positivas. Essas foram registradas quando as formações encontravam-se mais aquecidas que o campo aberto.

As maiores diferenças, negativas e positivas, não tenderam a ocorrer nos mesmos horários em que as temperaturas mínimas e máximas foram registradas, mas sim quando a temperatura apresentava valores intermediários (Tabela 9). As maiores diferenças térmicas negativas foram observadas no início da manhã, entre 7h e 10h, quando a curva da temperatura do Campo Aberto se inclinava precocemente em relação às das demais formações, sendo eventualmente superior a 10°C para todas as formações, com exceção do Campo com Murundus.



FIGURA 23: Perfil de temperatura em diferentes formações vegetais da RPPN SESC Pantanal, Pantanal do Mato Grosso. As linhas pontilhadas separam os dias de avaliação. Triângulos negros representam horários de registro de deltas máximos negativos entre o Campo Aberto e a respectiva formação. Triângulos cinza representam horários de registros de deltas máximos positivos entre o campo aberto e a respectiva formação. O único evento de precipitação ocorreu entre os dias 26 e 27/8 (28º e 29º dias do período).

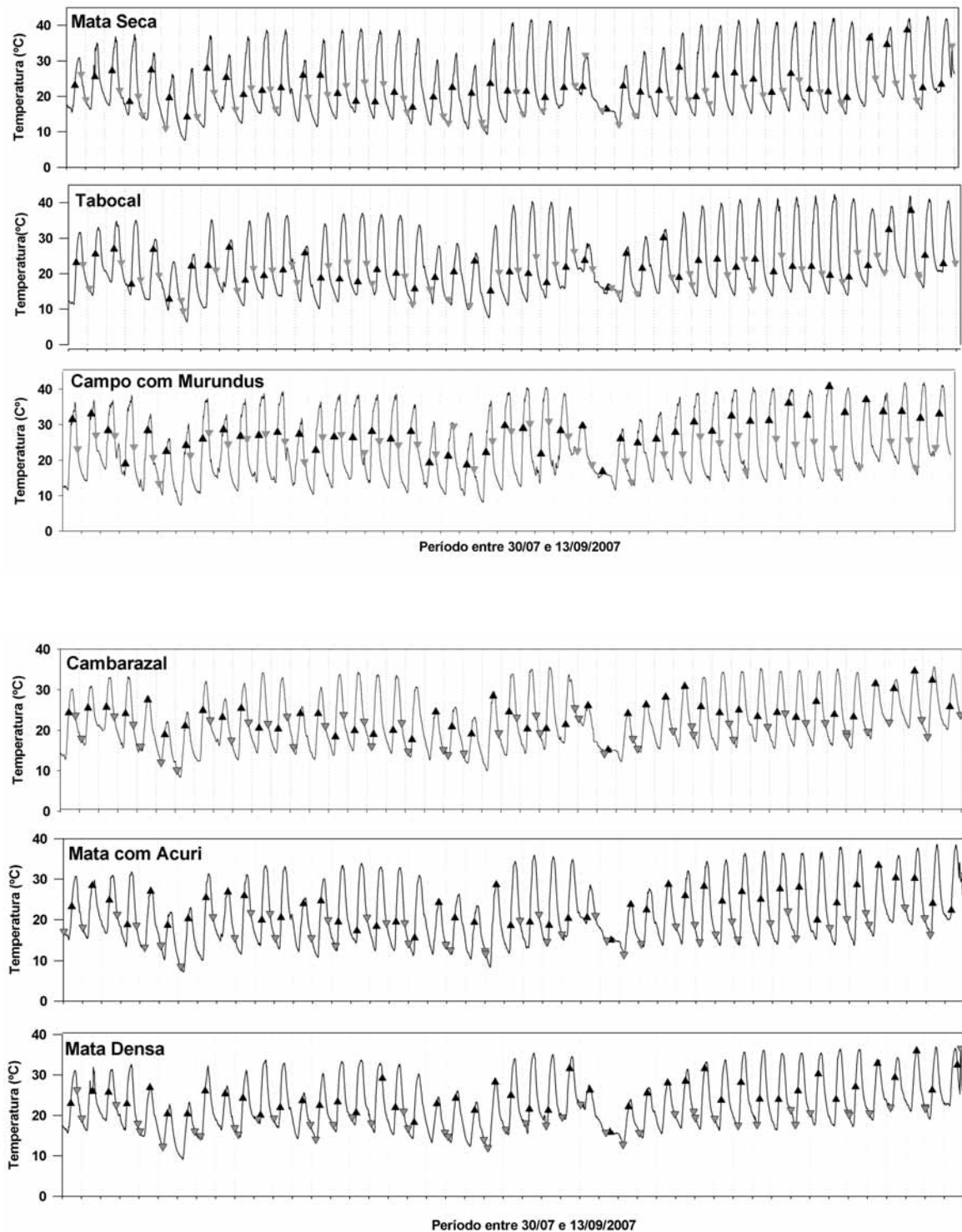


TABELA 9: Média dos deltas máximos positivos e negativos, deltas máximos absolutos positivos e negativos e média dos deltas durante as temperaturas máximas e mínimas diárias em relação ao Campo Aberto do Posto São Luiz (controle). Valores entre parênteses indicam erro padrão. DEN – Mata Densa; CAB – Cambarazal; CAM – Campo com Murundus; MAC – Mata com Acuri; SEC – Mata Seca e TAB – Tabocal.

	CAB	CAM	DEN	MAC	SEC	TAB
Méd. Δ máx. neg.	-8,90 (0,26)	-3,70 (0,16)	-7,90 (0,24)	-8,10 (0,24)	-6,00 (0,32)	-6,30 (0,31)
Méd. Δ máx. pos.	4,10 (0,16)	2,70 (0,13)	4,60 (0,17)	2,30 (0,11)	3,10 (0,13)	2,40 (0,09)
Δ máx. neg. absoluto	-12,0	-5,5	-12,5	-10,9	-13,0	-10,3
Δ máx. pos. absoluto	6,3	4,4	6,7	5,3	5,8	4,5
Méd. Δ na T máx. diária	-6,50 (0,19)	-1,90 (0,14)	-6,50 (0,24)	-5,90 (0,24)	-1,90 (0,33)	-2,50 (0,26)
Méd. Δ na T mín. diária	3,10 (0,17)	1,30 (0,06)	4,10 (0,17)	1,50 (0,13)	2,30 (0,13)	1,30 (0,10)

Considerando as curvas de temperatura das formações em relação ao controle (Figura 22), o período de avaliação evidenciou diferentes padrões de aquecimento e de resfriamento ao longo do dia. A Figura 24 apresenta duas regressões lineares considerando o intervalo de tempo entre 5h30 e 9h30 da manhã do dia 9 de setembro.

Ficam evidentes as diferenças nas inclinações das retas, quando considerados o Campo e o Cambarazal. Os valores de beta (6,39 para o Campo e 2,56 para o Cambarazal) representam os ganhos de temperatura em graus centígrados por hora.

Todas as regressões, considerando as demais formações entre 13h30 do dia 8 de setembro e 13h do dia 9 de setembro 2007, foram significativas ($p < 0,001$), com boa adequação aos modelos (Tabela 10).



FIGURA 24: Regressões lineares simples entre as 5h30 e 9h30 do dia 9/9/2007. A) temperatura no Campo; B) temperatura no Cambarazal (betas: 6,39 para o Campo e 2,56 para o Cambarazal) representam os ganhos de temperatura em graus centígrados por hora.

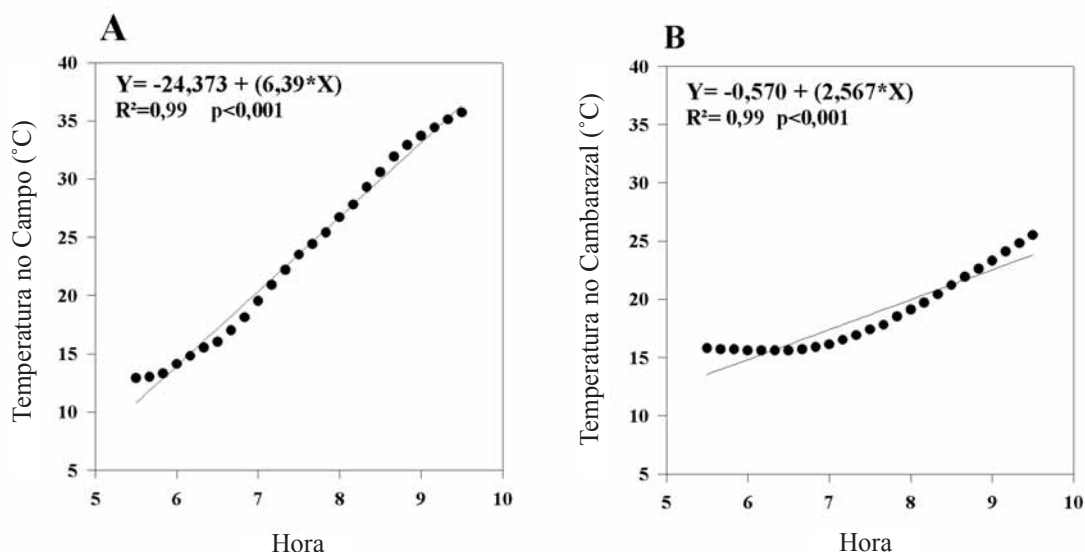


TABELA 10: Valores dos betas das regressões lineares entre 13h30 do dia 8/9/2007 e 13h do dia 9/9/2007. Em parênteses os valores de R². Todas as regressões foram significativas com $p < 0,001$. CAB – Cambarazal; CAM – Campo com Murundus; DEN – Mata Densa; MAC – Mata com Acuri; SEC – Mata Seca, e TAB – Tabocal. Os valores dos betas podem ser interpretados como redução ou incremento de temperatura (graus centígrados) por hora.

	CAMPO	CAB	CAM	DEN	MAC	SEC	TAB
13h30 até 18h	-3,93 (0,83)	-1,86 (0,95)	-3,27 (0,75)	-2,23 (0,96)	-2,71 (0,94)	-3,37 (0,83)	-3,83 (0,89)
18h até 5h30	-0,84 (0,87)	-0,89 (0,59)	-0,90 (0,89)	-0,76 (0,95)	-0,91 (0,91)	-0,93 (0,92)	-0,95 (0,77)
5h30 até 9h30	6,39 (0,99)	2,56 (0,88)	5,55 (0,98)	3,23 (0,92)	4,39 (0,93)	5,44 (0,92)	5,48 (0,93)
9h30 até 13h	1,62 (0,91)	2,44 (0,96)	1,71 (0,91)	2,04 (0,93)	2,34 (0,89)	1,89 (0,95)	1,76 (0,86)

1.3.5 Comparação entre estrutura da vegetação e microclima

Por meio de regressões, verificou-se que três variáveis foram altamente correlacionadas entre si (índice de área foliar, IAF; transmissão total de luz, TTL; e cobertura do dossel). A variável que apresentou melhor resposta ao modelo foi o índice de área foliar, sendo as demais excluídas, quando correlacionadas com a mesma.

Desta forma, os cinco modelos incluíram quatro variáveis independentes (preditivas) (IAF, altura do dossel, número de indivíduos na parcela e área basal) e os deltas de temperatura entre as formações e o Campo Aberto nos momentos selecionados, como variáveis dependentes. As regressões múltiplas mostraram-se significativas para todos os períodos ($p < 0,001$) (Tabela 11).

TABELA 11: Regressões múltiplas dos deltas de temperatura em função da estrutura da vegetação. Todas as regressões apresentaram F -values com $p < 0.001$. Valores de b seguidos de NS não foram significativos ($p > 0,05$). 20°N – modelo utilizando dados registrados entre 24h e 4h, quando a temperatura no campo aberto registrava 20°C; 30°M – modelo com 30°C entre 6h e 9h; 40°M – modelo com 40°C entre 9h e 12h; 40°T modelo com 40°C entre 13h e 16h; e 30°T modelo com 30°C entre 16h e 18h.

ESTATÍSTICAS DA REGRESSÃO	20°N	30°M	40°M	40°T	30°T
R^2 ($F_{4,31}$)	0,433 (5,931)	0,638 (13,672)	0,457 (6,529)	0,454 (6,452)	0,522 (8,494)
β_1 LAI	0,540	-0,407	-0,583	-0,574	-0,793
β_2 altura do dossel	0,309	-0,471	-0,22NS	-0,26 NS	-0,088 NS
β_3 n° de indivíduos	-0,17 NS	0,442	0,286	0,25 NS	-0,189 NS
β_4 área basal	-0,21 NS	0,15 NS	0,26 NS	0,332	0,274 NS

O modelo que apresentou melhor resultado foi quando o Campo Aberto registrava 30°C em uma manhã sem vento ou nebulosidade, entre 6h e 9h ($R^2 = 0,638$; 63,8%), revelando o poder de explicação do delta de temperatura quando as quatro variáveis independentes são consideradas. A significância dos betas na regressão múltipla revela a contribuição das variáveis preditivas. O índice de área foliar foi sempre significativo, sendo esta a variável que mais contribuiu para os modelos. Altura do dossel e número de indivíduos foram significativos em apenas dois modelos 20°N e 30°M, e 30°M e 40°M, respectivamente. A área basal foi significativa apenas no modelo 40°T.



1.4 DISCUSSÃO

1.4.1 Estrutura da vegetação

Ao contrário de outros estudos que avaliam as relações entre microclima e estrutura da vegetação, nos quais as diferenças estruturais são resultantes de cortes regulares nas florestas (círculos ou faixas) em experimentos de silvicultura (GHUMAN e LAL, 1987; CARLSON e GROOT, 1997; ZHENG *et al.*, 2000; POTTER *et al.*, 2001; HEITECKER e HALPERN, 2006), as diferentes formações aqui avaliadas são resultado da composição de espécies decorrentes de processos naturais. Por esta razão, essas formações não apresentam tanto contraste quanto aquelas verificadas nos estudos já citados.

A análise da estrutura da vegetação demonstrou que as principais diferenças encontram-se nos índices que avaliam a estrutura do dossel, como cobertura do dossel, transmissão total de luz e índice de área foliar. Esse é um ponto fundamental, uma vez que os resultados sugerem que esses parâmetros são realmente os que mais influenciam a distribuição térmica nas camadas de ar junto ao solo, tornando-os críticos para a diferenciação entre áreas abertas, semiabertas e densamente florestadas.

1.4.2 Padrões microclimáticos

Este trabalho foi realizado em uma região plana, continental e distante de grandes corpos hídricos (exceção feita à Mata Densa que acompanha o curso do Rio São Lourenço), e as diferenças térmicas registradas resultam das condições estruturais dos tipos vegetacionais. Os valores absolutos de temperatura, associados aos somatórios de horas cuja temperatura excedeu 40°C, e das horas cuja temperatura encontrava-se abaixo de 10°C, evidenciam que, considerando o tempo, essas diferenças podem ser significativamente potencializadas (POTTER *et al.*, 2001), tornando ambientes com menor cobertura de dossel muito adversos para certas formas de vida.

O padrão diário de temperatura, ao longo de dias sem nebulosidade e vento, evidencia a forte relação dessa variável com a estrutura florestal. Como esperado, a menor cobertura do dossel e a menor relação da área foliar por unidade de terreno (índice de área foliar) das formações Campo Aberto, Tabocal, Campo com Murundus e Mata Seca resultaram em uma elevada amplitude térmica diária, com uma diminuição das temperaturas mínimas, elevação das temperaturas máximas, maior número de horas com temperaturas abaixo de 10°C e acima de 40°C. O efeito oposto, registrado em formações vegetais com dossel denso, como o aumento das temperaturas mínimas e diminuição das temperaturas máximas, já havia sido observado em vários estudos (GEIGER, 1965; KIMMINS, 1987; CARLSON e GROOT, 1997; KARLSSON, 2000; PORTÉ *et al.*, 2004). A cobertura do dossel atua como redutor térmico à vegetação de sub-bosque, moderando os níveis de entrada e saída de energia nesse ambiente (KIMMINS, 1987; CHEN *et al.*, 1999; SZARZYNSKI e ANHUF, 2001; PORTÉ *et al.*, 2004). Os sub-bosques das florestas densas permanecem frescos e com grande umidade pois, ao longo do dia, a radiação que chega às copas é bloqueada, evitando a elevação da temperatura e o ressecamento do ar (GEIGER, 1965; SZARZYNSKI e ANHUF, 2001; RENAUD e REBETEZ, 2009). À noite, as camadas de ar junto ao solo florestal só arrefecem in-

diretamente, seja pelo ar frio que se forma sob o dossel e depois desce até o solo, seja pela radiação infravermelha (calor) que é perdida e sobe em direção às copas e que, em parte, não é aprisionada pelo dossel (GEIGER, 1965; SZARZYNKI e ANHUF, 2001; RENAUD e REBETEZ, 2009).

A formação Mata com Acuri apresenta um padrão de temperatura peculiar. Durante o dia é similar termicamente às formações com dossel mais denso (Cambarazal e Mata Densa), mas à noite ocorre forte perda de calor, semelhante à verificada nas formações mais abertas. Essa formação é caracterizada por uma elevada densidade de indivíduos de palmeira acuri em seu sub-bosque, o que cria um aspecto de monodominância em algumas áreas. A altura média de 5,8 metros dos acuris, somada às suas folhas grandes e largas, forma um estrato inferior baixo e denso. Isto torna o ambiente muito sombreado durante o dia. Contudo, seu estrato de emergentes não possui grande densidade, de maneira que, em muitos locais, as copas das árvores não se encontram próximas umas das outras. Esse padrão estrutural é aparentemente incapaz de manter energia durante a noite, que provavelmente é perdida pelos espaços vazios entre as copas, em um processo similar ao verificado nas formações semiabertas, aqui avaliadas, e em estudos em áreas com desbaste em talhões de silvicultura (GHUMAN e LAL, 1987; CARLSON e GROOT, 1997), mas não constatado por alguns autores (HEITHECKER e HALPERN, 2006).

A temperatura e a radiação solar no interior de uma floresta apresentam alta variabilidade espacial e temporal, em razão de essas variáveis serem muito sensíveis às alterações na cobertura do dossel e diferentes angulações da radiação solar direta ao longo do dia (CHEN *et al.*, 1999). Em consequência dessa variabilidade, grande parte dos autores considera que a relação entre a temperatura do ar e a estrutura florestal não é constante (CHEN *et al.*, 1999; POTTER *et al.*, 2001; PORTÉ *et al.*, 2004). Ao contrário de vários estudos comparando áreas abertas, semiabertas, com vegetação arbórea cortada e não cortada, ou com diferentes tipos de florestas, que registraram diferenças máximas de temperatura entre as áreas entre o meio-dia local e o horário de registro da temperatura máxima diária (GHUMAN e LAL, 1987; CARLSON e GROOT, 1997; CHEN *et al.*, 1999; MORECROFT *et al.*, 1998; HEITHECKER e HALPERN, 2006), registramos as maiores diferenças de temperatura entre as formações vegetais sob temperaturas intermediárias, entre o início e o meio da manhã (entre 7h e 10h) e durante a noite (entre 20h e 2h), quando nem o Campo Aberto nem as demais formações haviam atingido seus valores máximos e mínimos de temperatura. Resultado similar foi verificado por Saunders *et al.* (1998) e Zheng *et al.* (2000). As diferenças máximas de temperatura entre as formações vegetais, ocorrendo fora dos horários “convencionais” (próximas aos horários de registro das mínimas e máximas diárias), é resultado de um aumento lento na temperatura das florestas. Este provavelmente está relacionado à maior demanda de energia necessária para o posterior aquecimento desses ambientes, visto que existe uma maior quantidade de orvalho nas copas das árvores de dossel mais denso, o que consequentemente diminui o fluxo de calor. Por esta razão, o Campo Aberto apresenta incremento mais rápido da temperatura frente às demais formações (Figura 24 e Tabela 10).

O fato de que as maiores diferenças térmicas entre formações vegetais tenham ocorrido durante os horários mais quentes do dia, como observado por vários autores, pode induzir à conclusão errônea de que essas diferenças sejam dependentes da magnitude térmica (POTTER *et al.* 2001). Se esta afirmação fosse verdadeira, os maiores contrastes térmicos diurnos deveriam ocorrer em horários próximos ao registro da temperatura máxima diária; da mesma forma, o maior contraste noturno



deveria ser verificado em um horário próximo ao registro da temperatura mínima diária, o que raramente foi registrado no presente trabalho (Figura 23 e Tabela 9). Adicionalmente, os maiores contrastes térmicos entre as formações vegetais não foram registrados nos dias mais quentes, diferentemente do observado por outros autores (REUNAUD e REBETEZ, 2009). Mesmo em regiões como o Pantanal do Mato Grosso que, em grande parte do ano, apresenta ângulos solares elevados e altas temperaturas em períodos prolongados ao longo do dia, a capacidade de isolamento térmico das formações com dossel denso não chegou ao seu limite, visto que em nenhum período a temperatura do ar ultrapassou 40°C. Entretanto, houve significativa redução das diferenças térmicas entre as formações durante os períodos mais quentes do dia.

1.4.3 Comparação entre estrutura da vegetação e microclima

Os modelos de regressão linear múltipla evidenciaram o quanto os atributos estruturais da vegetação explicam as diferenças de temperatura entre as formações e o campo aberto. O alto poder de explicação do modelo 30°M (63,8%), quando comparado aos demais (Tabela 11), reforça a hipótese de que o rápido incremento da temperatura do campo em relação às florestas é responsável pelos maiores contrastes térmicos. Considerando que esses modelos não contemplam qualquer outro elemento climático de hierarquia superior, os resultados evidenciam o fortíssimo papel que a estrutura da vegetação exerce sobre a temperatura do ar no sub-bosque florestal. Resultado semelhante foi encontrado por Heithecker e Halpern (2006) para a temperatura máxima do ar em florestas de coníferas.

A variável IAF (índice de área foliar) foi sempre significativa e a que mais contribuiu para os modelos. Isso corrobora as conclusões de Aussenac (2000), que considera esse índice, associado com a cobertura do dossel, descritivo dos principais fatores da microclimatologia florestal. Apesar de excluídas dos modelos de regressão linear múltipla, a cobertura do dossel e a transmissão total de luz provavelmente apresentariam contribuições muito próximas às observadas para IAF, em função de serem variáveis altamente correlacionadas. A altura do dossel e o número de indivíduos foram de elevada importância ($p < 0,001$). A área basal contribuiu significativamente para apenas um modelo (40°T). Apesar de o registro dessa variável ser muito trabalhoso em ambientes de grande densidade de indivíduos (Campo de Murundus e Tabocal, por exemplo), não se deve ignorá-la em estudos futuros. Essa, quando acrescida ao número de indivíduos, é a variável que melhor explica índices de luz no interior de parcelas florestais, como demonstrado por Heithecker e Halpern (2006).

1.4.4 Implicações ecológicas

Além de sistemas aquáticos, o Pantanal possui uma grande diversidade de habitats terrestres, que variam de áreas abertas, semiabertas e arbustivas a densamente florestadas. Pelas limitações sazonais na disponibilidade de água e pelas altas temperaturas, todas as comunidades terrestres são submetidas a um severo período de estiagem que, em alguns locais, pode ter duração superior a cinco meses. A compreensão das relações entre a estrutura da vegetação e o microclima é um passo fundamental

para o avanço do conhecimento científico em todas as escalas ecológicas (organismos, populações, comunidades e ecossistemas). Os resultados revelam a capacidade de algumas dessas formações vegetais em fornecer proteção contra estresse térmico e desidratação para plantas higrófilas e animais. Por outro lado, apresentam um grande acúmulo de calor diurno e frio (noturno) nas áreas abertas, o que pode favorecer espécies xerófilas e animais que tolerem grandes variações térmicas.

Os cenários bióticos e abióticos do Pantanal, que possibilitam uma grande riqueza e abundância de espécies, necessitam de medidas de proteção urgentes considerando perspectivas orientadas para as particularidades estruturais das formações. Como demonstram os resultados, pequenas variações na densidade do dossel das florestas acarretam expressivo incremento de calor e ressecamento dos ambientes. Por esta razão, práticas extrativistas ou formas de uso da terra que alterem de maneira expressiva a estrutura dos habitats não são recomendadas para os sistemas pantaneiros. Mesmo cortes seletivos de árvores diminuem a capacidade tampão do dossel, aumentando a probabilidade de incêndios florestais, um dos graves problemas que ameaçam o Pantanal e não avaliados ainda adequadamente sob a perspectiva de impacto sobre as comunidades naturais.

ANEXOS



Cambarazal



Fotografia: I. P. Coelho



Fotografia: G. S. Hofmann



Fotografia: G. S. Hofmann



FIGURA A: Fotografia aérea do Cambarazal florido;

FIGURA B: Sub-bosque de Cambarazal dominado por capim-navalha.

FIGURA C: Cambarazal aberto; o guarda-parque indica o nível alcançado pelas águas no verão de 2007.

FIGURA D: Fotografia hemisférica do interior do Cambarazal.

Campo com Murundus



Fotografia: L. F. B. Oliveira



Fotografia: V. A. G. Baltazini



Fotografia: L. F. B. Oliveira



- FIGURA A: Fotografia aérea da formação Campo com Murundus.
FIGURA B: Murundus envoltos em uma matriz herbácea.
FIGURA C: Perspectiva da altura das árvores de um murundu.
FIGURA D: Fotografia hemisférica do interior de um murundu.



Mata Densa



Fotografia: L. F. B. Oliveira



Fotografia: V. A. G. Baltazini



Fotografia: V. A. G. Baltazini



FIGURA A: Fotografia aérea da formação Mata Densa.

FIGURA B: Perspectiva da Mata Densa a partir da margem do Rio São Lourenço, com uma faixa de grande densidade da palmeira tucum no centro da fotografia.

FIGURA C: Sub-bosque da Mata Densa sem a presença de palmeiras.

FIGURA D: Fotografia hemisférica do interior da Mata Densa.

Mata com Acuri



Fotografia: L. F. B. Oliveira



Fotografia: G. S. Hofmann



Fotografia: L. F. B. Oliveira



FIGURA A: Fotografia aérea da Mata com Acuri.

FIGURA B: Mata com Acuri em que os acuris chegam a representar mais de 90% do total dos indivíduos da parcela florestal.

FIGURA C: Mata com Acuri com grande número de espécies arbóreas e com acuris dominando expressivamente o sub-bosque.

FIGURA D: Fotografia hemisférica do interior da Mata com Acuri.



Tabocal



Fotografia: V. A. G. Baltazini



Fotografia: G. S. Hofmann



Fotografia: I. P. Coelho



FIGURA A: Fotografia aérea do Tabocal no início do período de estiagem quando algumas árvores já se encontram desprovidas de folhas, mas com as tabocas ainda verdes.

FIGURA B: Fotografia do sub-bosque do Tabocal.

FIGURA C: Área de Tabocal no auge do período de estiagem.

FIGURA D: Fotografia hemisférica do interior do Tabocal.

Mata Seca



Fotografia: L. F. B. Oliveira



Fotografia: I. P. Coelho



Fotografia: G. S. Hofmann



FIGURA A: Fotografia aérea de uma área de Mata Seca.

FIGURA B: Perspectiva do sub-bosque de Mata Seca no auge do período de estiagem.

FIGURA C: Mata Seca com bromélias do tipo gravatá.

FIGURA D: Fotografia hemisférica do interior da Mata Seca.

2 Macroclima, o clima regional, e Mesoclima, o clima local

Heinrich Hasenack

Gabriel Selbach Hofmann

Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal
do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Laboratório de Geoprocessamento, Centro de Ecologia

José Luís Passos Cordeiro

Programa Institucional Biodiversidade e Saúde

Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ

2.1 MACROCLIMA, O CLIMA REGIONAL

O centro-oeste brasileiro tem clima caracterizado por invernos secos e verões chuvosos. O tempo seco no inverno tem sua origem na estabilidade gerada pela influência do anticiclone subtropical do Atlântico Sul e de pequenas dorsais que se formam sobre o continente (NIMER, 1989). O período de chuva está associado ao deslocamento para sul da Zona de Convergência Intertropical (CIT), acompanhando a marcha aparente do Sol em direção ao Trópico de Capricórnio.

A convergência intertropical é uma faixa de baixas pressões, resultante da convergência dos ventos alísios de nordeste no Hemisfério Norte e de sudeste no Hemisfério Sul, e que segue aproximadamente a linha do Equador no outono e na primavera. No verão do Hemisfério Sul ela está deslocada para o sul, e no inverno do Hemisfério Sul ela está deslocada para o Norte do Equador. Este deslocamento é de aproximadamente 5° para Norte e para Sul. Como a superfície terrestre não é homogênea, em alguns continentes, como por exemplo na América do Sul, a convergência intertropical pode atingir até a latitude de 10°S.

Sobre a porção central da América do Sul a CIT avança mais para Sul do que nas regiões costeiras, gerando instabilidade em todo o Brasil Central nos meses de verão (Figura 1). Em função da influência da massa de ar tropical marítima e equatorial, as temperaturas são elevadas durante todo o ano. No inverno, quando a CIT está deslocada para Norte, a região apresenta baixa ou nenhuma precipitação.

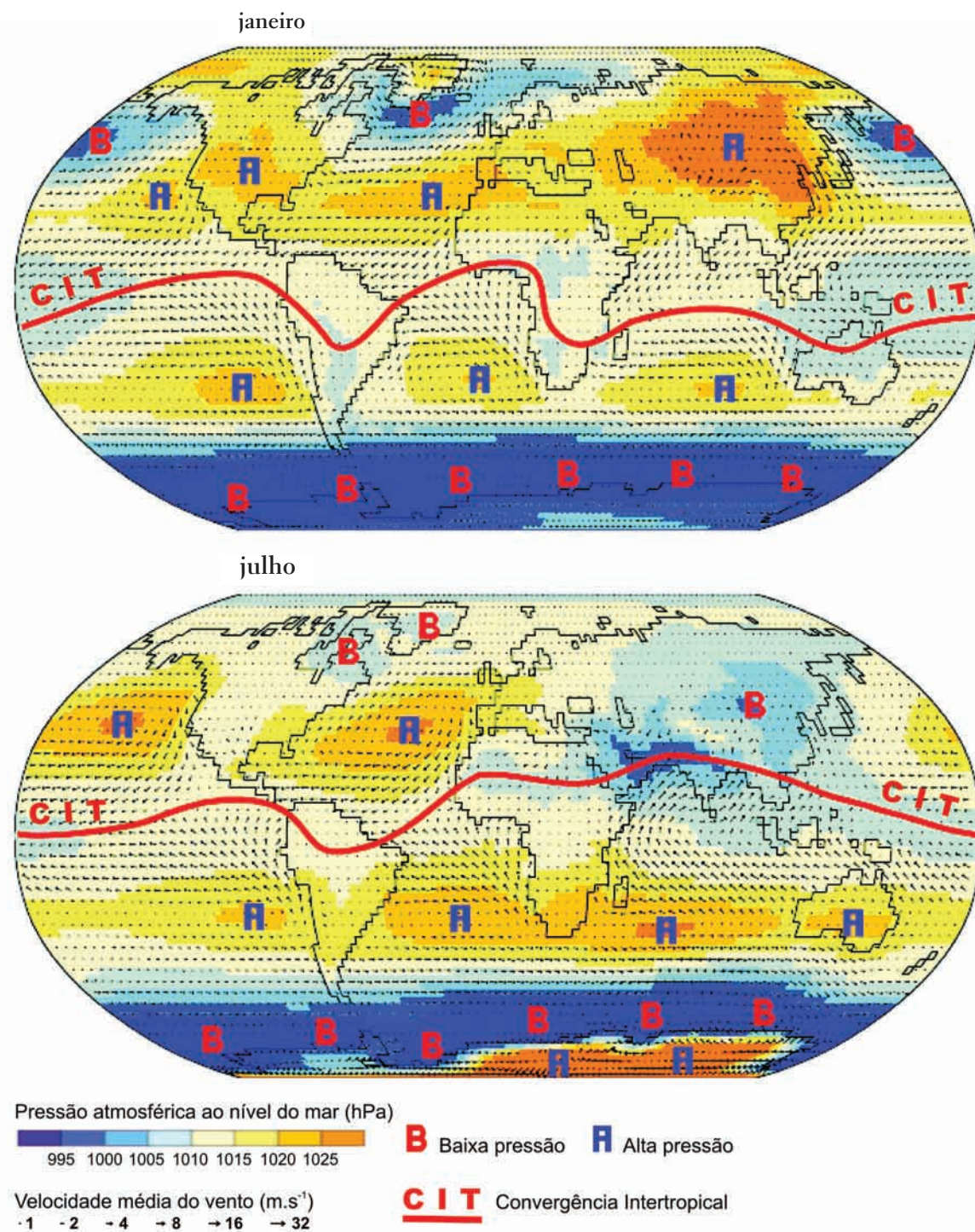
O botânico e climatologista W. Köppen elaborou no início do século XX, com base no mapa florístico de A. de Candolle (1874), uma das mais simples classificações climáticas globais. Ela é de natureza empírica, pois se fundamenta nos efeitos observáveis que o clima exerce sobre a vegetação, mas também se apoia em índices de temperatura e precipitação (médias anuais e mensais como base quantitativa na delimitação das variedades climáticas reunidas em doze tipos, os quais pertencem a cinco grupos maiores, que correspondem às categorias florísticas condicionadas pela temperatura e pela umidade atmosférica (precipitação) (KÖPPEN, 1948).

Este clima tropical com estação seca recebe a denominação de “Aw” na classificação de Köppen. A letra “A” corresponde à zona climática tropical úmida, ocupada pela categoria florística das megatermas, caracterizada por vegetação tropical com temperaturas e umidade relativa do ar sempre elevadas. A temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C, temperatura crítica para a flora tropical. A letra “w” corresponde, na região, a uma precipitação anual entre 1.000 e 1.500 milímetros, com total mensal médio do mês mais seco inferior a 40 milímetros.

As temperaturas na região do Pantanal oscilam no verão entre 26°C nas porções mais elevadas e 29°C nas porções mais baixas, ao centro e no extremo sul do Pantanal (Mapa 1). No inverno, as temperaturas variam entre 20°C nas bordas Leste e Sul e 23°C no Centro e no Norte (Mapa 2). O sul do Pantanal apresenta amplitude térmica superior ao norte do Pantanal (8°C e 5°C, respectivamente), provavelmente devido à latitude mais elevada.

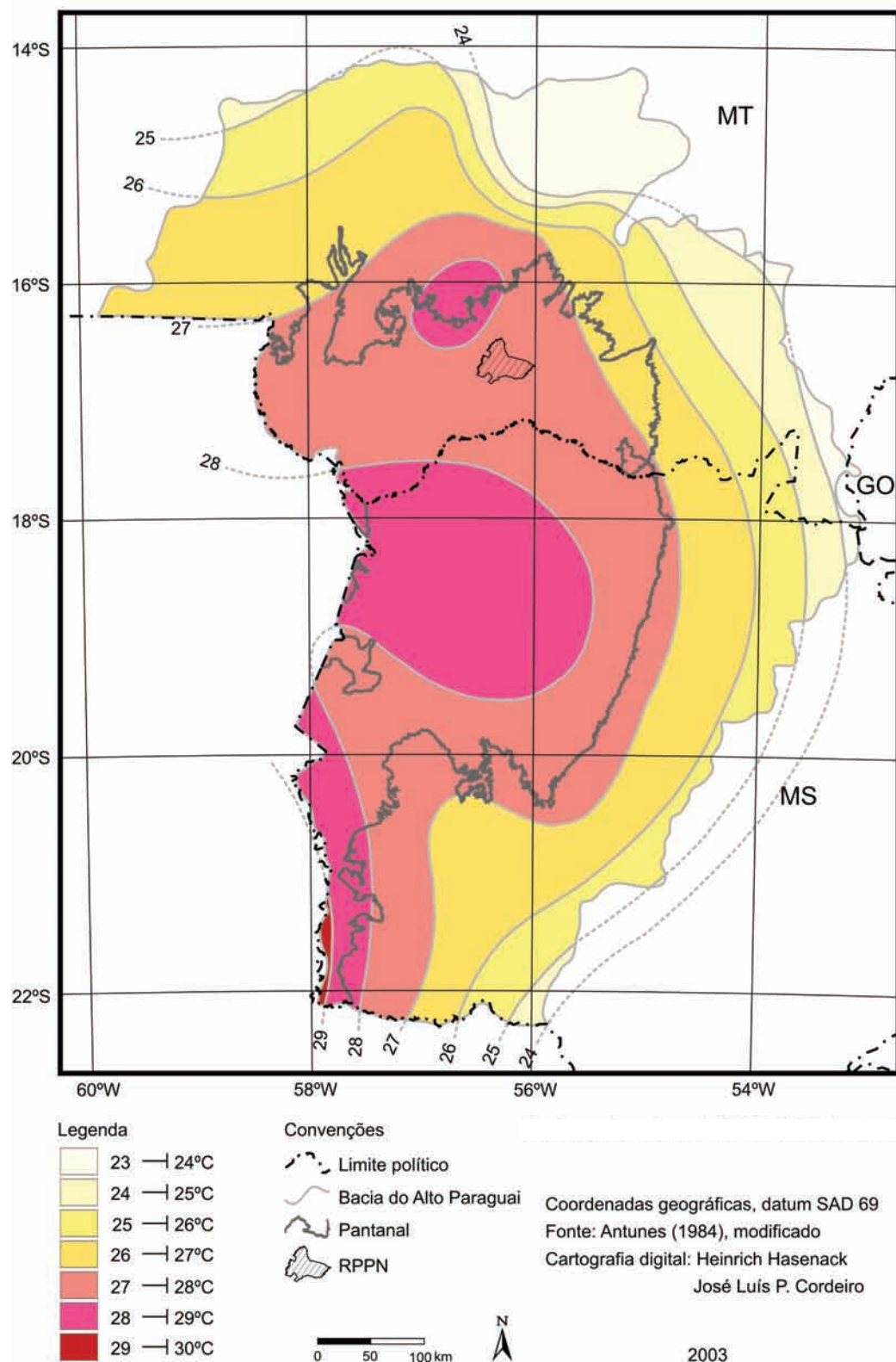


FIGURA 1: Circulação geral da atmosfera em janeiro e julho.



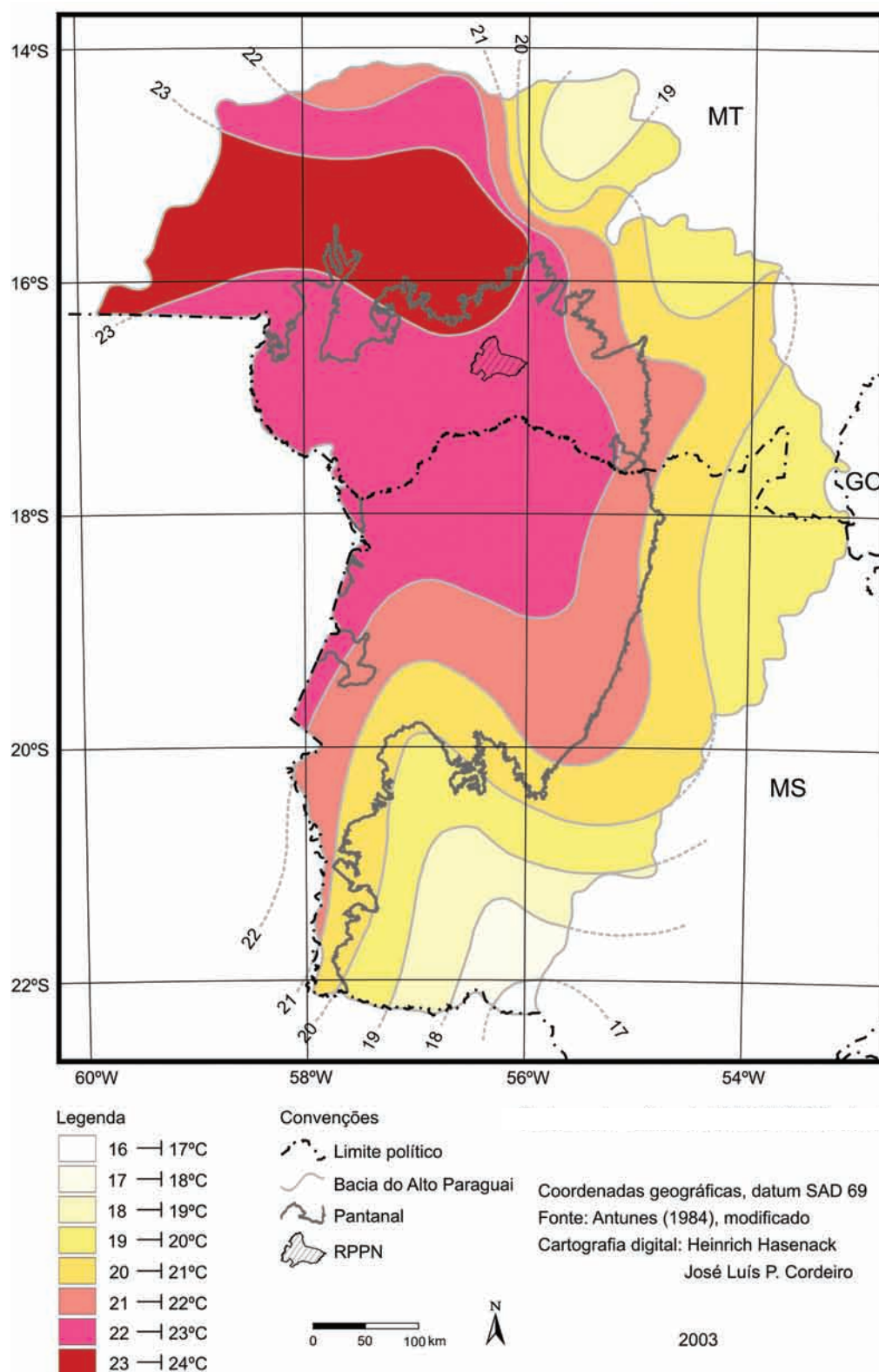
Fonte: NCEP/NCAR Reanalysis Project, 1959-1997 Climatologies

MAPA 1: Temperatura média em janeiro.





MAPA 2: Temperatura média em julho.



A precipitação é medida em milímetro. Um milímetro de precipitação equivale ao volume de um litro de água por metro quadrado. A precipitação total média anual apresenta um gradiente do oeste do Pantanal em direção Nordeste, Leste e Sudeste. No Oeste a precipitação é inferior a 1.000 milímetros e a máxima é de cerca de 1.300 milímetros. No Leste este gradiente é mais suave, chegando a 1.600 milímetros no limite da Bacia do Alto Paraguai. Já ao norte da bacia, estes valores ultrapassam os 2.000 milímetros (Mapa 3).

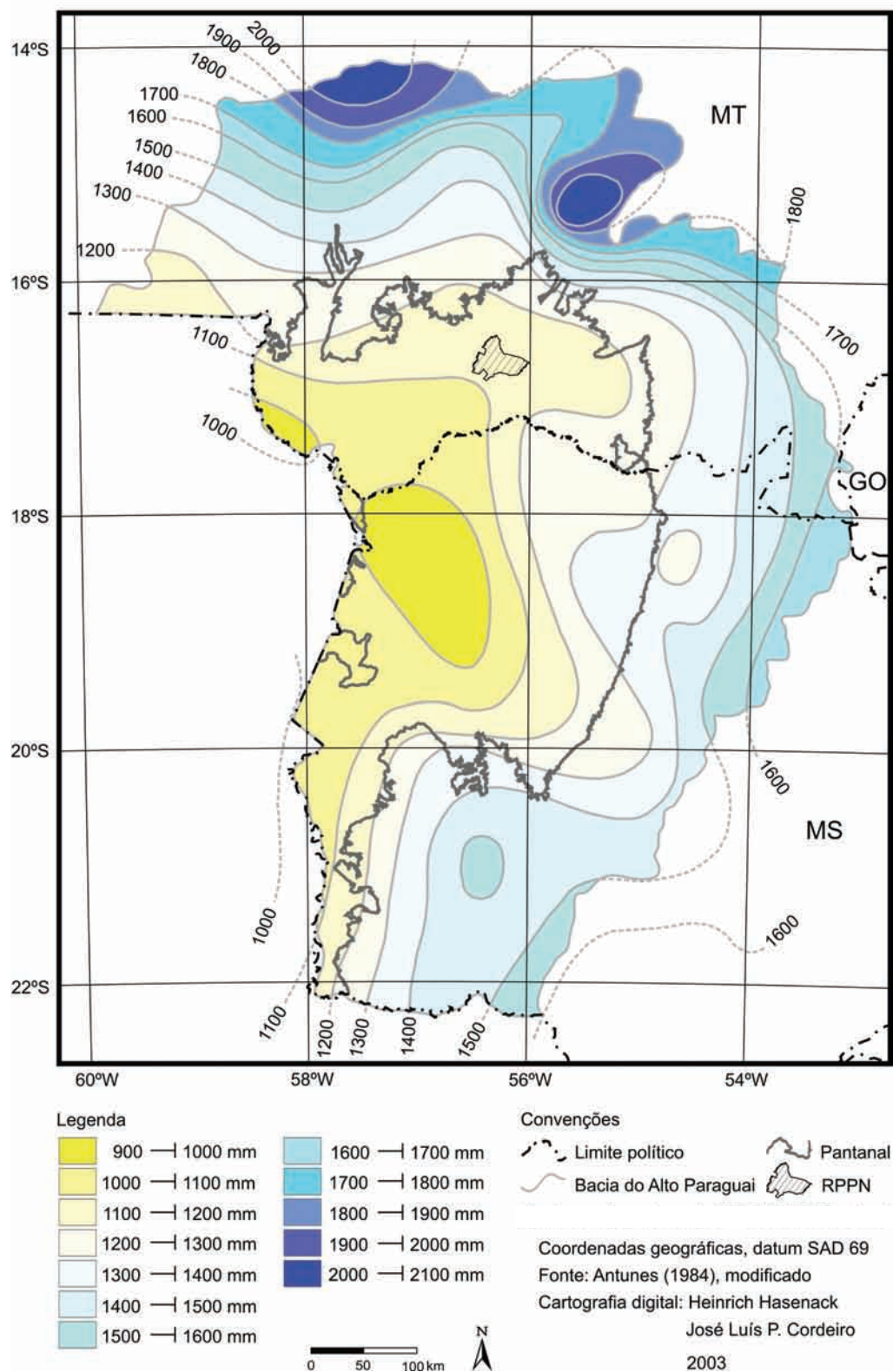
Também a concentração da precipitação durante os meses mais chuvosos ocorre no Leste e, principalmente, no norte da Bacia do Alto Paraguai (Mapa 4). Já o déficit hídrico (Mapa 5) está relacionado à precipitação menor no Pantanal do que nos seus arredores e às elevadas temperaturas registradas, em especial no verão, na porção mais central, de menor altitude. Deve-se ressaltar que esta é uma medida teórica, baseada em dados de evaporação medidos em tanque de evaporação e associados à temperatura e à precipitação. Mesmo sendo o déficit maior nas porções mais baixas do Pantanal, a água deixará de estar disponível antes nas porções mais elevadas do Pantanal, pois será drenada para as porções mais baixas, compensando, de certa forma, este déficit hídrico.

Dados coletados ao longo de trinta anos, período normal segundo a Organização Mundial de Meteorologia, em diferentes estações meteorológicas em torno do Pantanal apresentam esta característica de inverno seco e verão chuvoso. O mesmo também ocorre no sul do Pantanal, na estação de Nhumirim, embora o período de observações seja menor, 23 anos. No norte do Pantanal são realizadas observações meteorológicas há cerca de quatro anos no Posto Santo André da RPPN SESC Pantanal, período muito curto para uma avaliação mais consistente. Tendo em vista o observado em estações meteorológicas no entorno, pode-se afirmar que o clima na RPPN também é “Aw” (clima tropical úmido com inverno seco).

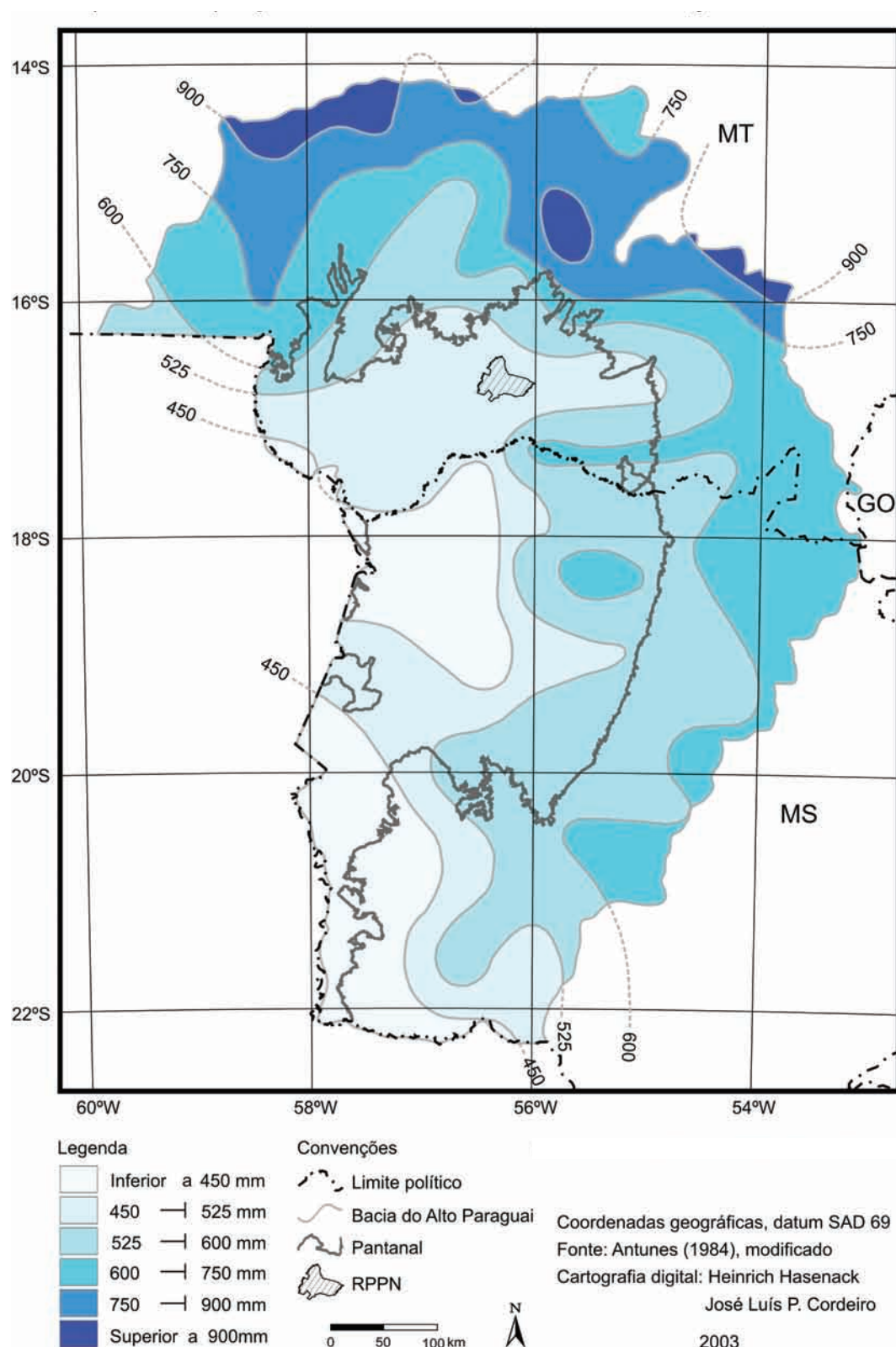
Embora o clima no Pantanal e arredores se caracterize pela sucessão de invernos secos e verões chuvosos, parece haver um gradiente de Norte para Sul (Figura 2 e Anexo). Ao norte do Pantanal, em Cuiabá e Cáceres, por exemplo, o período chuvoso é mais curto e a seca, no inverno, mais severa. Já ao sul do Pantanal, o período chuvoso tem sua precipitação distribuída ao longo de um período maior que no Norte, com volume de precipitação total similar (Corumbá e Aquidauana), evidenciando uma transição em direção Sul para os climas sem estação seca (Quadro 1). As temperaturas médias diminuem pouco com o aumento da latitude. Em Cuiabá a temperatura média anual é de 25,6°C, enquanto em Aquidauana o valor é de 24°C. A ocorrência de período chuvoso no verão também é responsável pelas temperaturas médias menos elevadas do que elas seriam sem o volume de umidade, responsável pelo consumo de parte do calor no processo de evaporação da água.



MAPA 3: Precipitação total média anual.



MAPA 4: Precipitação total média no trimestre dezembro, janeiro e fevereiro.





MAPA 5: Número de meses com déficit hídrico.

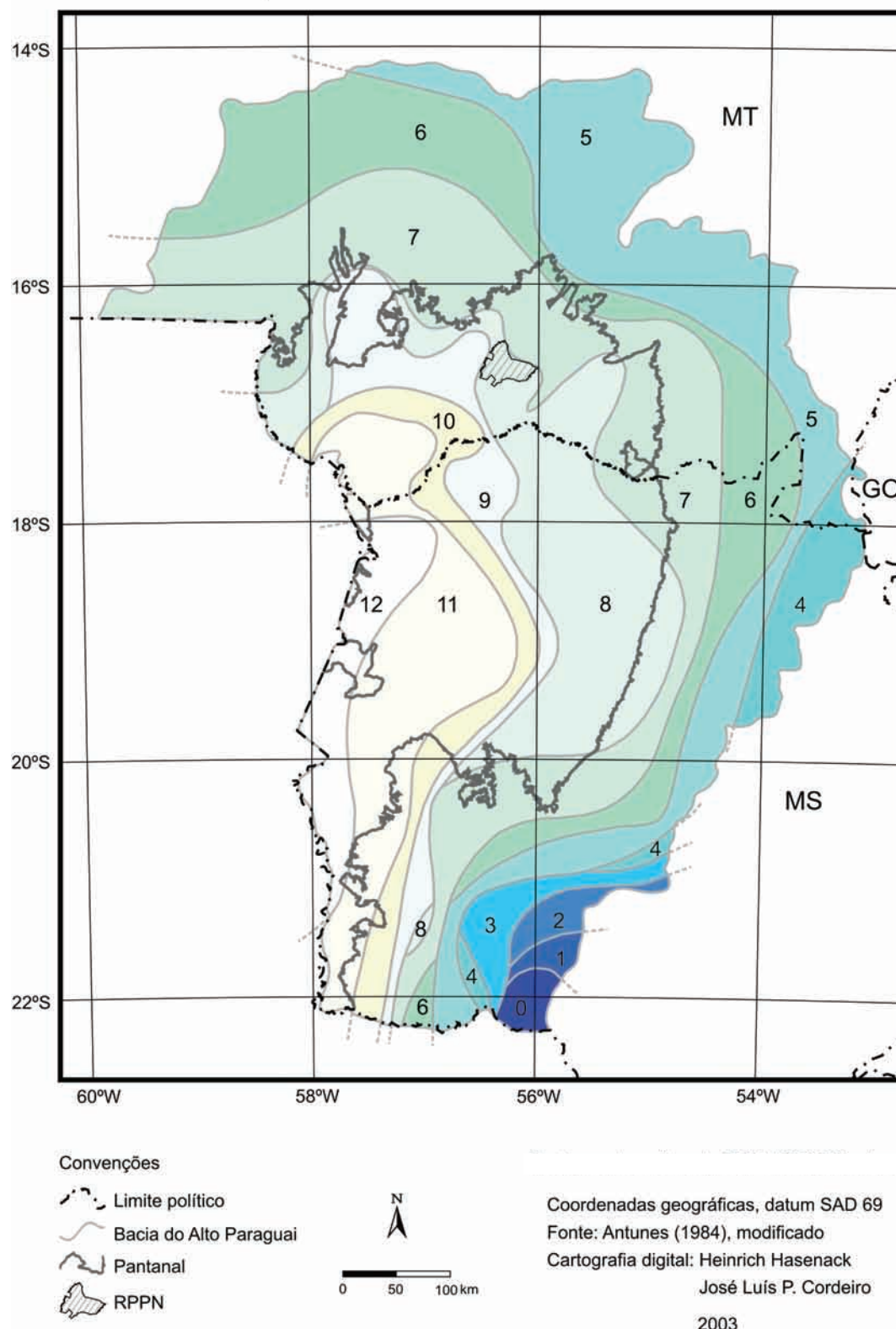
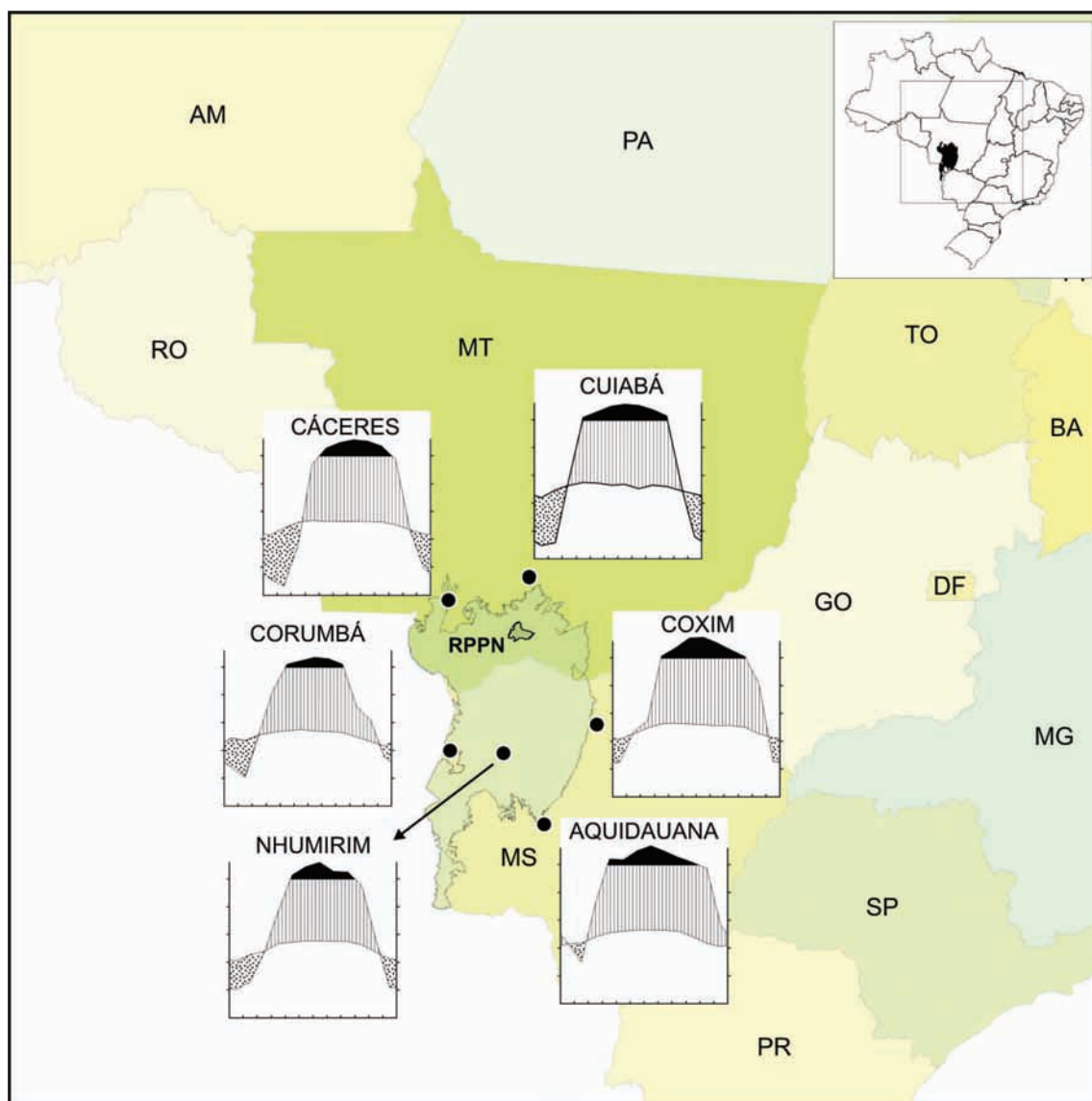


FIGURA 2: Diagramas Climáticos e estações metereológicas no entorno do Pantanal Mato-grossense.

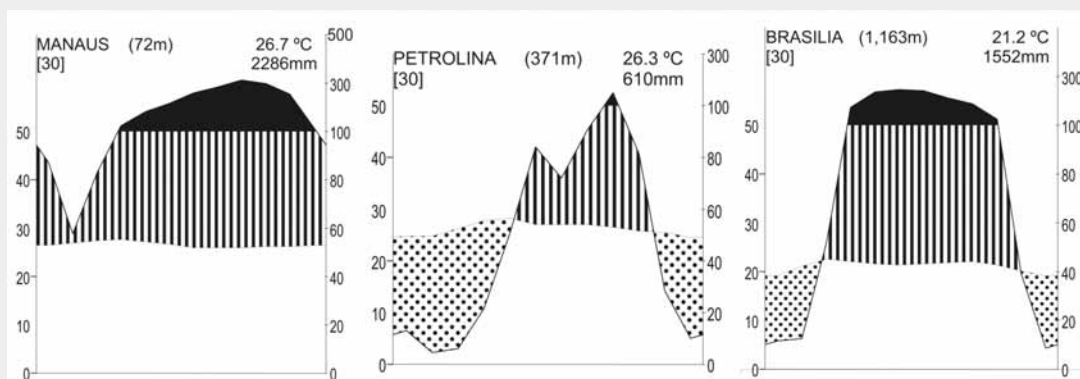


Outra característica que pode ser constatada a partir dos dados mensais de Nhumirim do período de 1978 e 2001 é a relação inversa entre a precipitação total média e o coeficiente de variação da precipitação (Figura 3). Conforme Strahler (1977), as regiões mais secas do globo estão associadas a uma maior variabilidade da precipitação. O mesmo se observa no Pantanal e arredores com a precipitação mensal. Os meses mais secos são os que apresentam maior variabilidade na precipitação, enquanto nos meses chuvosos a variabilidade é menor. Do ponto de vista fisiológico isto é duplamente negativo para os vegetais. Além de contar com menor quantidade de chuva, esta chuva é irregular no tempo.



QUADRO 1: Breve histórico dos diagramas ombrotérmicos

O diagrama ombrotérmico foi idealizado por Henry Gaussen em 1949. O diagrama é construído com índices meteorológicos normais, em que o eixo das abscissas representa os meses do ano, com o verão sempre posicionado no centro do gráfico, independentemente do hemisfério da localidade onde os dados foram observados. Desta forma, os diagramas de localidades do Hemisfério Sul iniciam no mês de julho e terminam em junho. O eixo esquerdo das ordenadas representa a curva térmica (média mensal de temperatura do ar em graus Celsius). O eixo direito das ordenadas representa a curva ômbrica (precipitação média mensal em milímetros de chuva). Inicialmente o diagrama possuía apenas duas escalas, em que a variação no eixo ômbrico era o dobro da variação do eixo térmico (BAGNOULS e GAUSSEN, 1963).

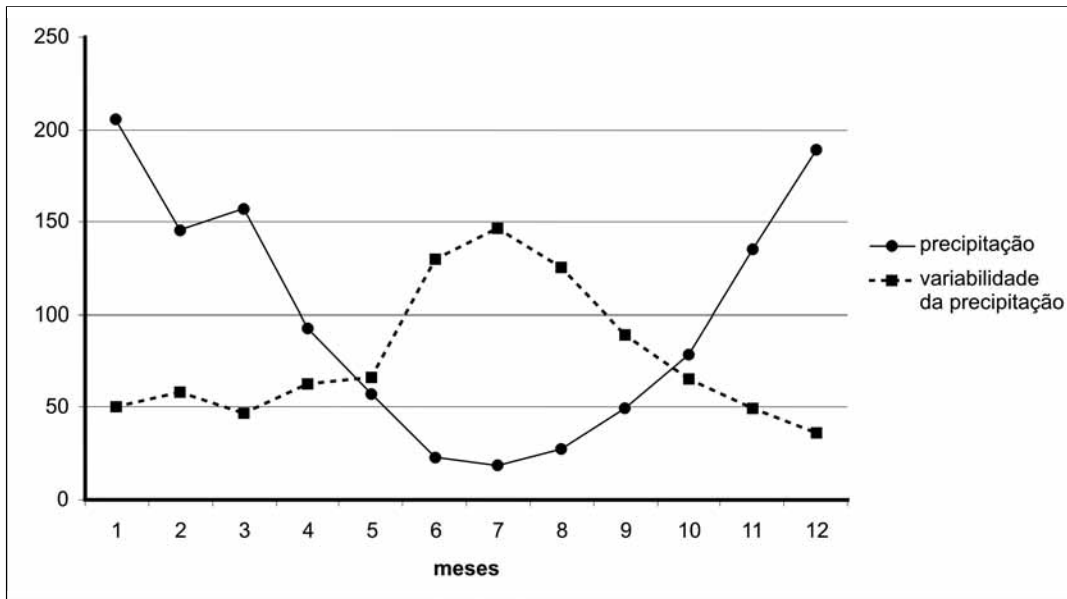


Diagramas de Walter

Posteriormente, Heinrich Walter (1986) inseriu mais uma escala ao diagrama ombrotérmico. Quando a precipitação mensal ultrapassa 100 milímetros, a variação é multiplicada por dez, gerando um achatamento do gráfico. O autor considera que, independentemente da temperatura média mensal do lugar, qualquer volume de precipitação superior a 100 milímetros mensais é suficiente para caracterizar um ambiente úmido. Nesta situação, o gráfico é preenchido pela cor negra (Figura 1). Os períodos são considerados secos quando a curva ômbrica passa por baixo da curva térmica (precipitação $2 \times$ temperatura) e, nesta situação, o gráfico recebe hachura pontilhada. No diagrama também constam outras informações, como o nome da estação meteorológica, sua respectiva altitude (entre parênteses) e número de anos de observação (entre colchetes), no canto superior esquerdo. No canto superior direito estão informados a temperatura média anual e a precipitação total média anual.

Elaborado pelos autores

FIGURA 3: Relação entre a precipitação total média anual (mm) e a variabilidade da precipitação (%) em Nhumirim, MS, para o período 1978-2001. Fonte: Embrapa Pantanal e INMET-7° DISME.





2.2 MESOCLIMA, O CLIMA LOCAL NA RPPN

Do ponto de vista do macroclima, a RPPN possui características muito semelhantes ao que é observado regionalmente. A Reserva, no entanto, não é climaticamente homogênea, razão pela qual se buscam outros métodos para avaliar o comportamento de alguns elementos climáticos de modo mais detalhado. Isto se dá tanto espacialmente, com o aumento do número de pontos de observação, quanto temporalmente, buscando verificar a variação não só ao longo do ano, mas também ao longo do dia. Deve-se ter presente também que no contexto dos climas tropicais existe a sazonalidade do período seco e do período chuvoso.

2.2.1 Metodologia

De antemão é importante ressaltar que foi possível caracterizar em detalhe apenas a temperatura e a umidade relativa do ar.

A temperatura do ar foi observada utilizando-se dois métodos: a análise de imagens termais e as medidas móveis de temperatura e umidade.

Análise de imagens termais

Visando estabelecer um gradiente de escala entre o macroclima e o clima local, optou-se por uma análise em escala intermediária, baseada em informações enviadas remotamente pelo satélite Landsat 7 ETM+. Este satélite orbita em torno da Terra numa altitude aproximada de 700 quilômetros e passa pelo mesmo ponto da superfície terrestre a cada 16 dias. A bordo deste satélite existem sete radiômetros, cada um deles calibrado para capturar a energia refletida pela superfície em um comprimento de onda específico. A energia medida por cada radiômetro é armazenada na forma de bandas espectrais.

A maioria das bandas é útil para caracterizar a cobertura do solo de um dado local. Uma destas bandas, porém, registra os comprimentos de onda do infravermelho termal (2,09 - 2,35 μm). Cada unidade de informação corresponde a um quadrado de 60 metros de lado. Esta resolução espacial permite um grande detalhamento da informação. Adicionalmente, permite a associação dos valores observados com o tipo de cobertura do solo resultantes de classificação das bandas nos comprimentos de onda visível e infravermelho próximo do mesmo satélite.

A temperatura registrada pelo satélite corresponde, porém, à temperatura de um corpo negro, ou seja, temperatura radiante. Para se transformar esta temperatura radiante em temperatura sensível, é necessário estimar a emissividade de cada tipo de cobertura. Existem valores teóricos na literatura, embora geralmente associados a cultivos homogêneos e tipos de vegetação de latitudes mais elevadas. Como o interesse deste trabalho é a comparação relativa entre os diferentes ambientes da RPPN, optou-se por trabalhar com os valores de temperatura radiante. Foram utilizadas as imagens de órbita/ponto 226/071 e 226/072, obtidas em 11 de agosto de 2002, entre 10h e 10h15. A área total corresponde a 63.931 quilômetros quadrados e contém a RPPN (Figura 4).

Medidas móveis de temperatura e umidade

O outro método utilizado para medir a temperatura e a umidade do ar, em diferentes ambientes, foi o método de medidas móveis. Utilizado pela primeira vez em 1927, na Áustria (SCHMIDT, 1927), ele se tornou clássico em estudos de climatologia urbana. No Brasil este método foi introduzido por Hasenack *et al.* (1982), também nos estudos do clima urbano.

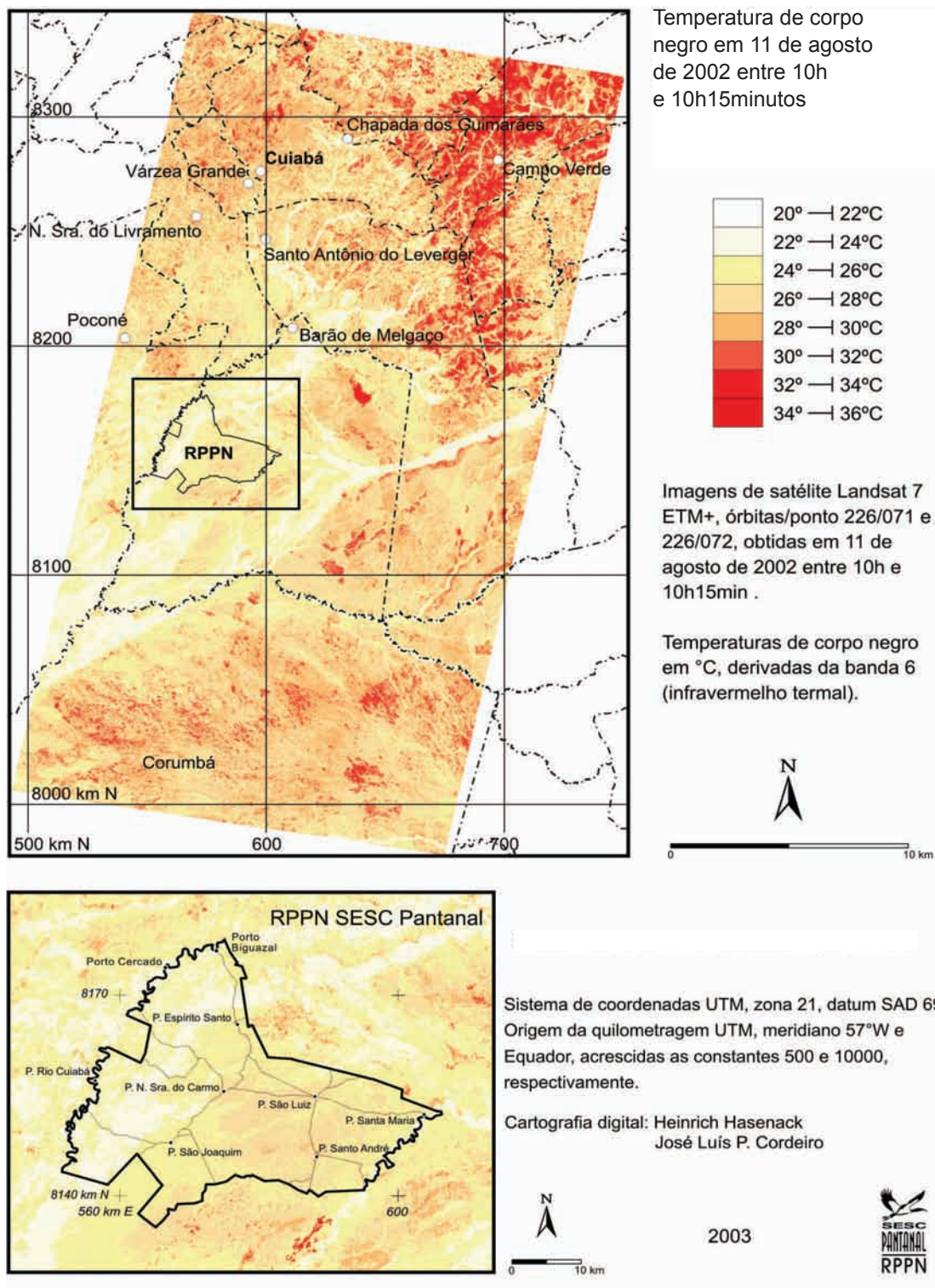
No presente trabalho, buscou-se adaptar esta metodologia, examinando a distribuição da temperatura em uma área natural. A metodologia consiste na observação da temperatura em diferentes locais num período curto de tempo. A não simultaneidade nas observações é compensada por uma correção temporal da temperatura observada em diferentes pontos. Um termoiogrógrafo, marca Lambrecht, instalado em um ponto fixo na área, registra a temperatura ao longo do período das observações móveis. Ao mesmo tempo, com um termômetro digital (marca Hanna, modelo HI 93640), uma rota foi percorrida e a temperatura, a umidade e a hora da observação foram medidas em pontos predefinidos ao longo de uma rota.

Após realizadas as observações verifica-se para cada ponto a variação horária da temperatura em relação àquela da estação fixa, registrando-se a diferença relativa da temperatura. Este valor é então adicionado à temperatura registrada na estação fixa na metade do período de observações. Para que possam ser efetuadas, é necessário que o tempo meteorológico durante o período de medições apresente ventos fracos (até 2 m.s^{-1}) e sem nebulosidade. Sob estas condições as diferenças térmicas entre locais com cobertura do solo distintas se acentuam. Com céu encoberto ou com ventos fortes as diferenças espaciais tendem a desaparecer, pois prevalecem condições atmosféricas regionais sobre as condições locais.

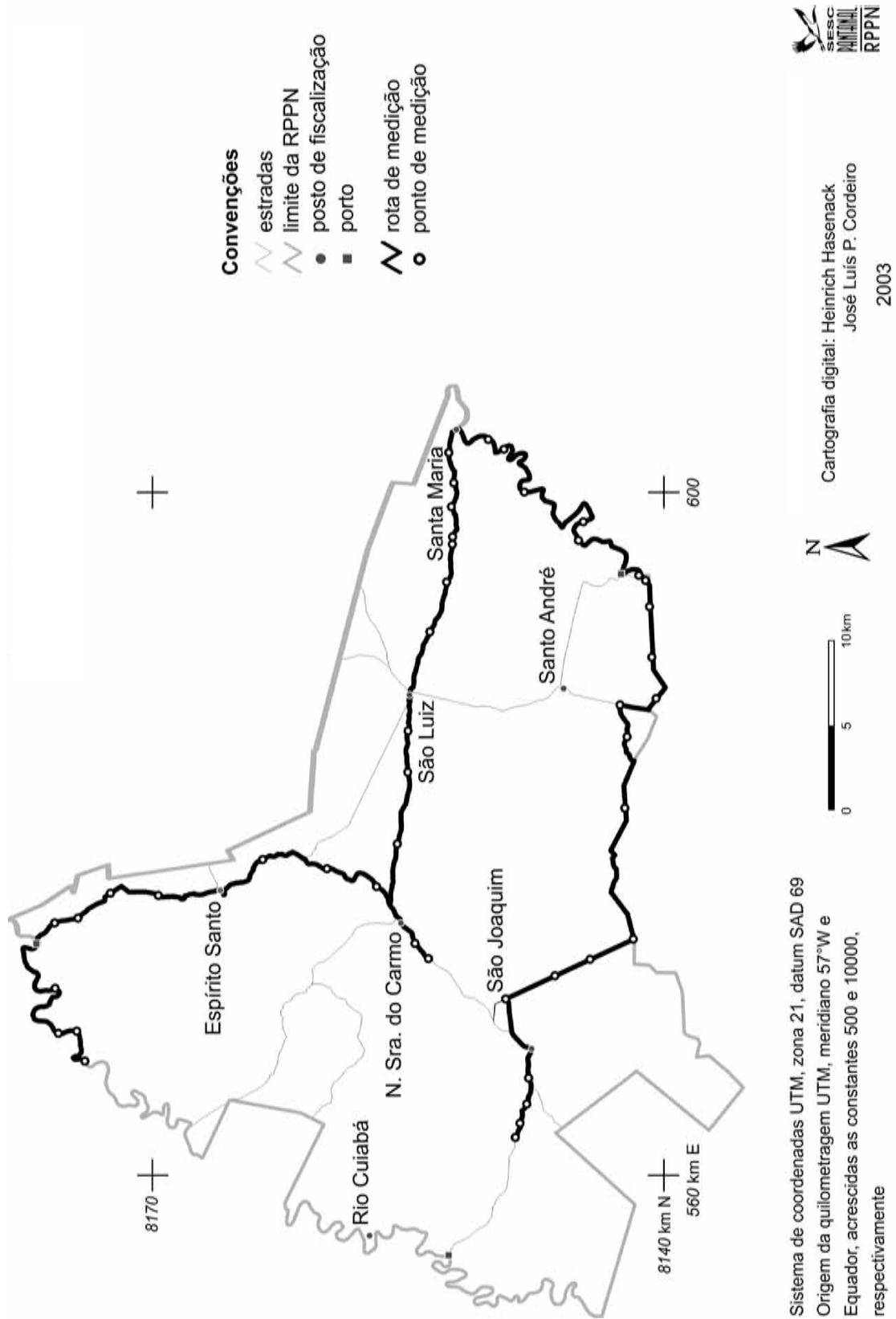
Para caracterizar a distribuição da temperatura na RPPN foram definidas duas rotas, ao longo das quais foram estabelecidos 50 pontos de observação (Mapa 6). Esta metodologia geralmente é aplicada no período noturno, quando a temperatura medida reflete exclusivamente a perda de radiação da superfície. No caso da RPPN, optou-se por medir também no período diurno, pois este é o período de maior estresse térmico, em especial nas áreas abertas. Tendo por objetivo associar parâmetros meteorológicos às características ambientais, buscou-se distribuir os pontos de modo a representar as diferentes paisagens presentes na RPPN. O ponto de partida de ambas as rotas foi o Posto Santa Maria, seguindo a rota norte, por terra, passando pelos postos São Luiz, Nossa Senhora do Carmo e Espírito Santo até o Porto Biguazal, de onde seguia pelo Rio Cuiabá até Porto Cercado. A rota sul seguia pelo Rio São Lourenço até o Porto Bodoque e dali por terra, pela divisa sul da RPPN, passando pelo Posto São Joaquim e terminando no Cambarazal da estrada para o Porto Estirão. As medições foram efetuadas em 16 de setembro de 2002 (diurna e noturna).



FIGURA 4: Temperaturas estimadas da banda termal de imagem de satélite Landsat 7 EMT+.



MAPA 6: Distribuição dos pontos de medição de temperatura e umidade na RPPN.





Para localizar cada ponto de observação foi utilizado um receptor GPS Garmin III. Ao passar pelo ponto, o observador descia do veículo e retornava ao ponto para medir a temperatura e a umidade. Após aguardar o termômetro digital (termistor) estabilizar, o que ocorria entre um e dois minutos, o observador retornava ao veículo, registrando a temperatura e a umidade relativa do ar, além da hora da observação. No dia seguinte, buscou-se o registro do termoigrógrafo para efetuar a correção horária. Com as temperaturas registradas no termoigrógrafo no início e no final de cada rota de medição foi estabelecido o gradiente de variação ao longo do período. Tem-se assim um valor de acréscimo ou decréscimo da temperatura (ou da umidade) na unidade de tempo decorrida desde o início das observações. Este valor é introduzido e processado em planilha para corrigir cada valor. O produto final são diferenças relativas de temperatura e de umidade do ar de cada ponto de observação em relação à estação fixa onde está o termoigrógrafo. Para facilitar a leitura, toma-se o valor da temperatura e da umidade do ar registrada na metade do período de medição e a ele adicionam-se as diferenças relativas. Assim é possível ter uma ideia da temperatura e da umidade observadas nos diferentes ambientes da RPPN.

Com o objetivo de compreender como se dá a perda de calor da superfície, foram efetuadas medidas verticais de temperatura e umidade em 27 de agosto de 2002, aproveitando a infraestrutura da torre de observação da RPPN existente no Posto Santo André. A cada 5 metros de altura foi observada a temperatura e a umidade na hora de maior resfriamento do dia, entre 19h e 24h. Estes dados caracterizam um ambiente de campo.

2.2.2 Resultados e discussão

Nas informações enviadas remotamente pelo satélite Landsat 7 ETM+, percebe-se uma oscilação da temperatura entre 20°C e 36°C (Figura 4). Na RPPN as temperaturas oscilam entre 22°C e 32°C (Figura 4, detalhe). Do ponto de vista da comparação relativa, é interessante observar a grande associação da temperatura à cobertura vegetal. Nesta hora do dia, no meio da manhã, as áreas com cobertura predominantemente herbácea já se encontram mais aquecidas do que aquelas com cobertura arbórea, diferença esta que tende a aumentar até o meio da tarde.

Ao relacionarmos os domínios vegetacionais (Mapa 7) com a imagem termal, observa-se que as áreas mais quentes estão associadas aos postos de fiscalização. Nesses locais as temperaturas já estão em torno de 30 °C. As áreas mais frescas, em torno de 21°C, estão associadas aos Cambarazais e à Mata Densa. Assim, pode-se afirmar que quanto mais densa a vegetação arbórea, maior o efeito de atenuação da temperatura, constituindo um gradiente desde o Cambarazal e a Mata Densa, passando pela Mata Aberta ou Seca e o Tabocal, Campos com Murundus, até as áreas abertas (mais quentes) junto aos Postos de Fiscalização.

Com relação às medidas móveis feitas durante o dia, entre 14h e 16h30, o resultado reflete um gradiente similar ao obtido pela imagem termal: as áreas abertas, mais quentes, e áreas com fisionomia de mata, mais frescas. As áreas com cobertura arbórea mais densa amenizam a temperatura em cerca de 8°C em relação à temperatura em áreas com vegetação herbácea baixa, cobertura padrão das estações meteorológicas oficiais. Esta diferença de temperatura diminui à medida que a cobertura arbórea diminui (Mapa 8). Já a umidade relativa do ar apresenta característica inversa.

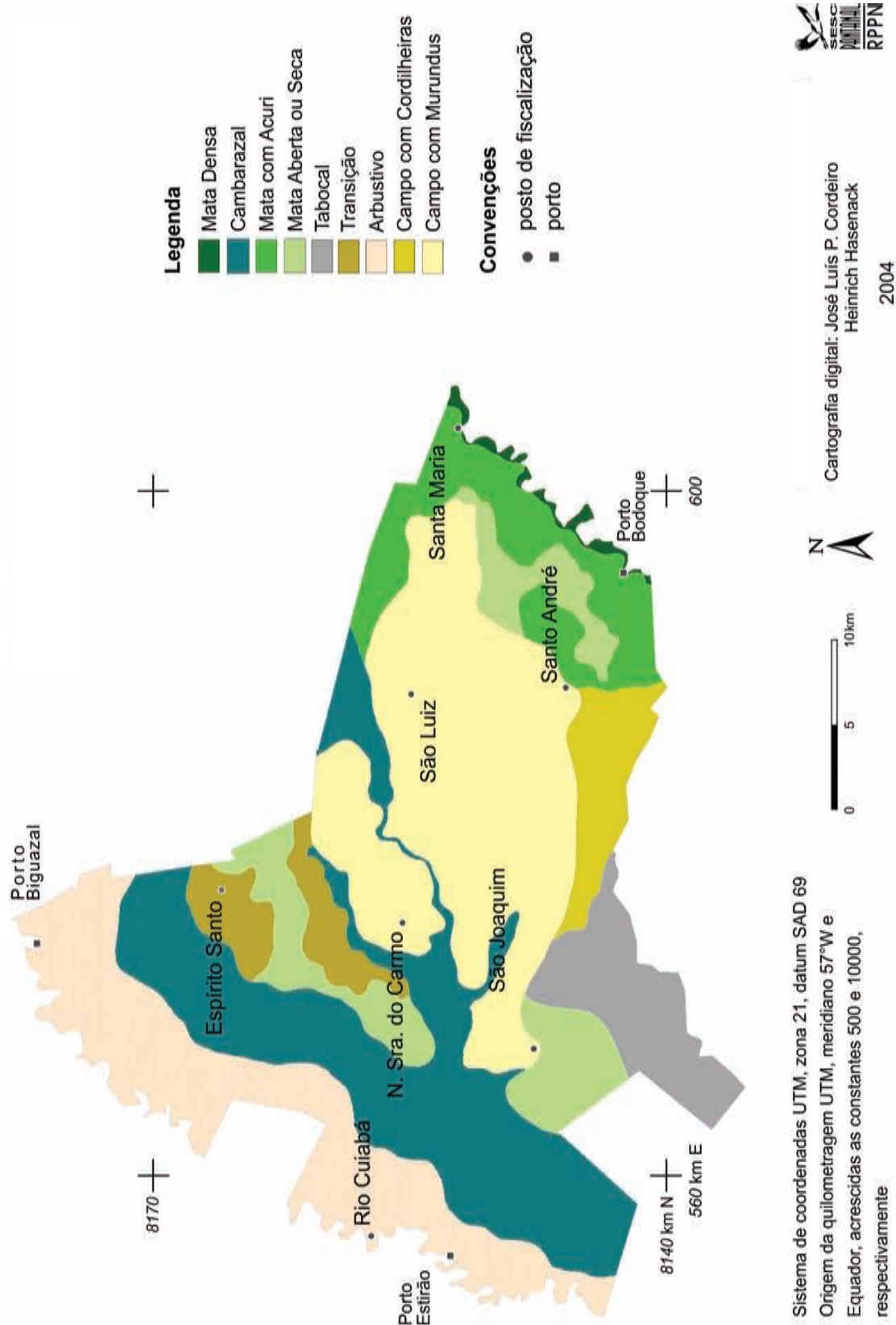
Os ambientes mais quentes são também os ambientes mais secos e as áreas com cobertura arbórea apresentam umidade maior, devido à amenização térmica causada pelo dossel da mata. As matas mais densas apresentam umidade relativa superior a 70%. Nas áreas abertas, neste período de estação seca, a umidade atinge no meio da tarde valores de até 30% (Mapa 9).

Durante o dia a camada de ar entre a superfície e a copa das árvores (dossel) se aquece mais lentamente do que a camada de ar sobre os campos. À noite ocorre o inverso, a mata “aprisiona” este ar mais aquecido por mais tempo, resfriando-se mais lentamente do que o ar no Campo Aberto. Em consequência, as temperaturas noturnas são mais elevadas no interior da mata (acima dos 21°C no Cambarazal, por exemplo) do que fora dela (19°C no Campo) (Mapa 10).

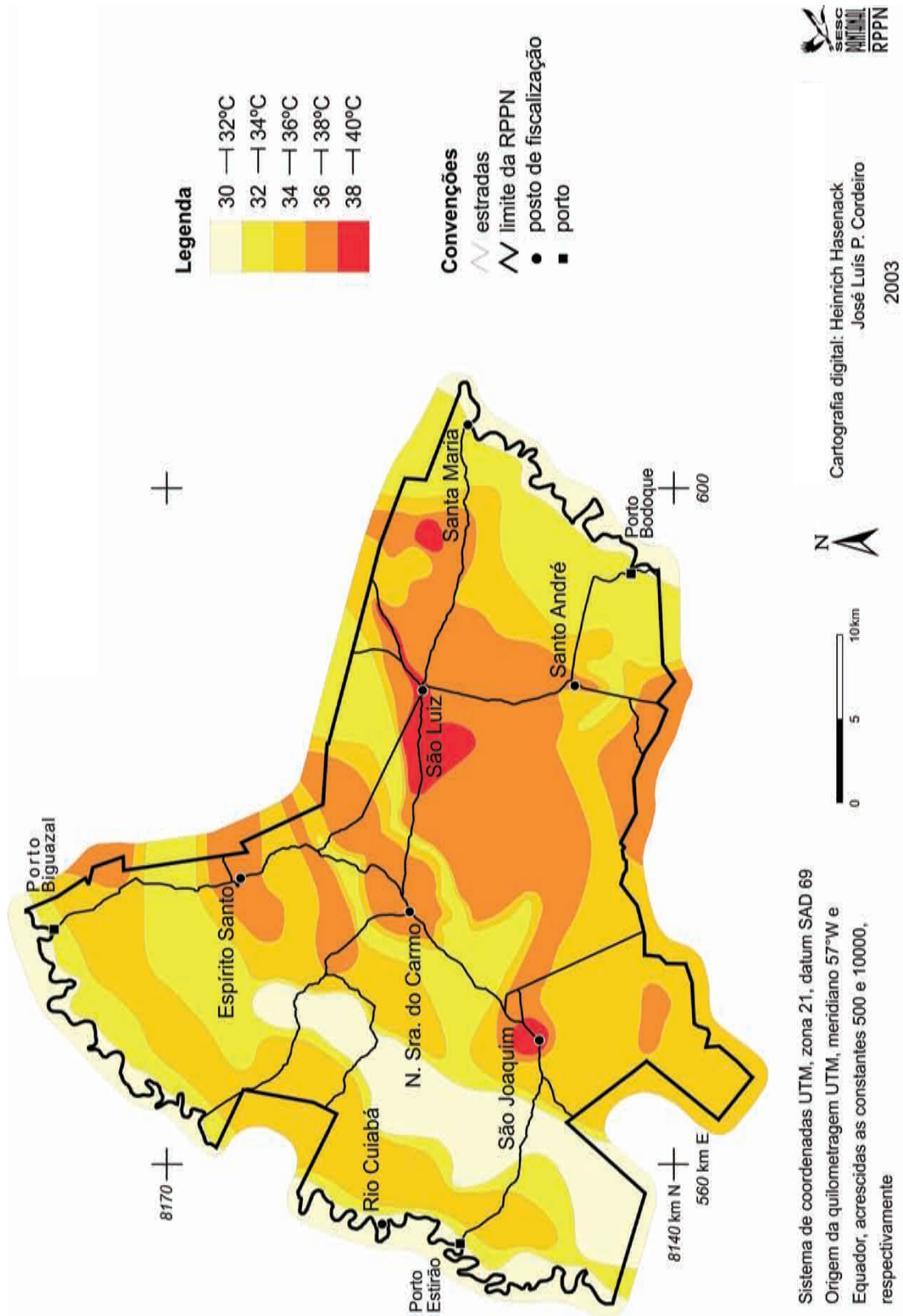
Fica evidente também que o gradiente térmico mata-campo durante o dia é significativamente maior (10°C de diferença mata-campo) do que à noite (2°C). Além disso, a amplitude térmica ao longo do dia no interior da mata é de 9°C, enquanto nas áreas abertas pode atingir até 21°C. Já a umidade elevada, tanto no interior da mata quanto nas áreas abertas, não permite diferenciação deste elemento climático à noite.



MAPA 7: Cobertura do solo na RPPN SESC/ Pantanal.

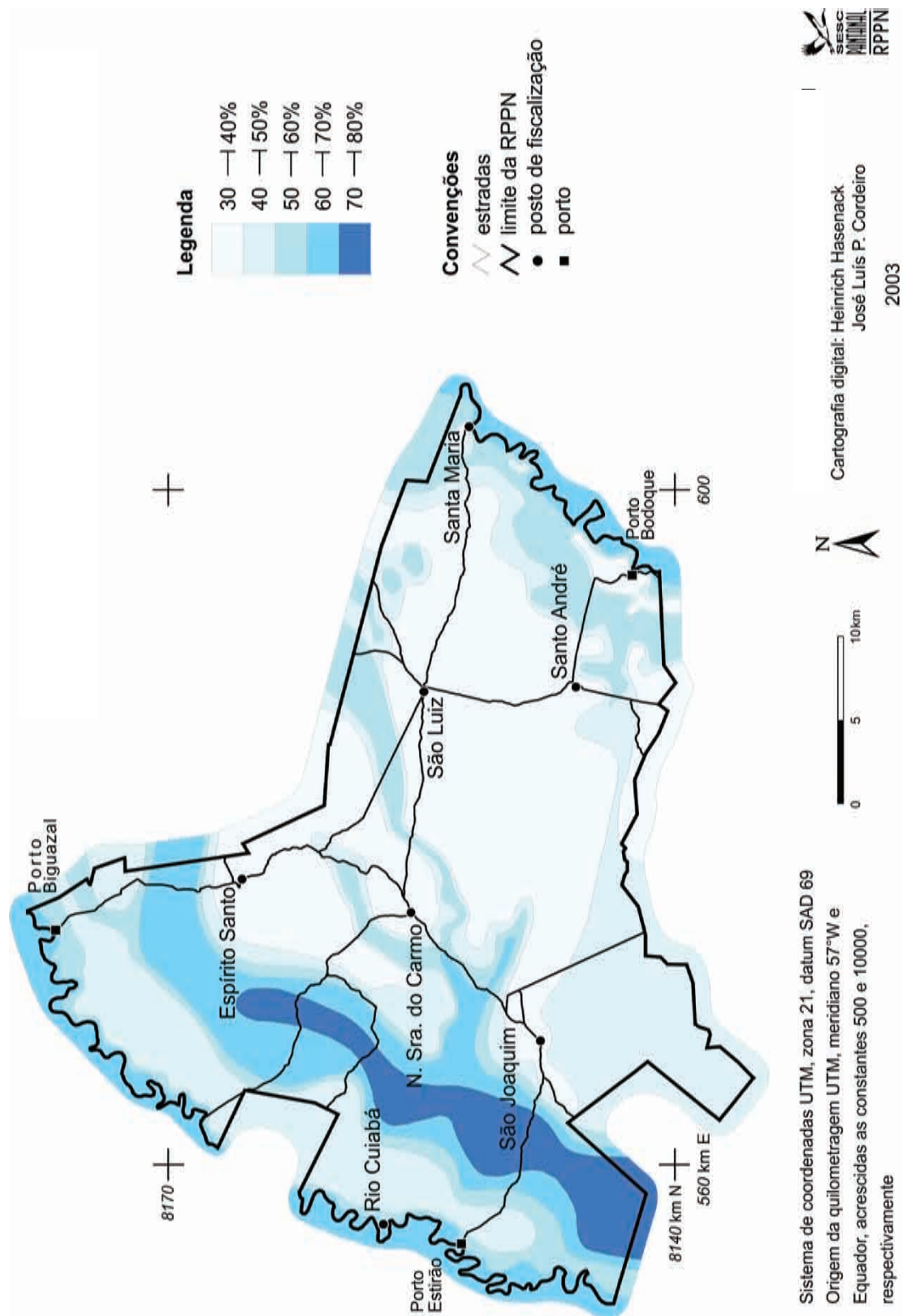


MAPA 8: Distribuição diurna da temperatura na RPPN em 16/9/2002.

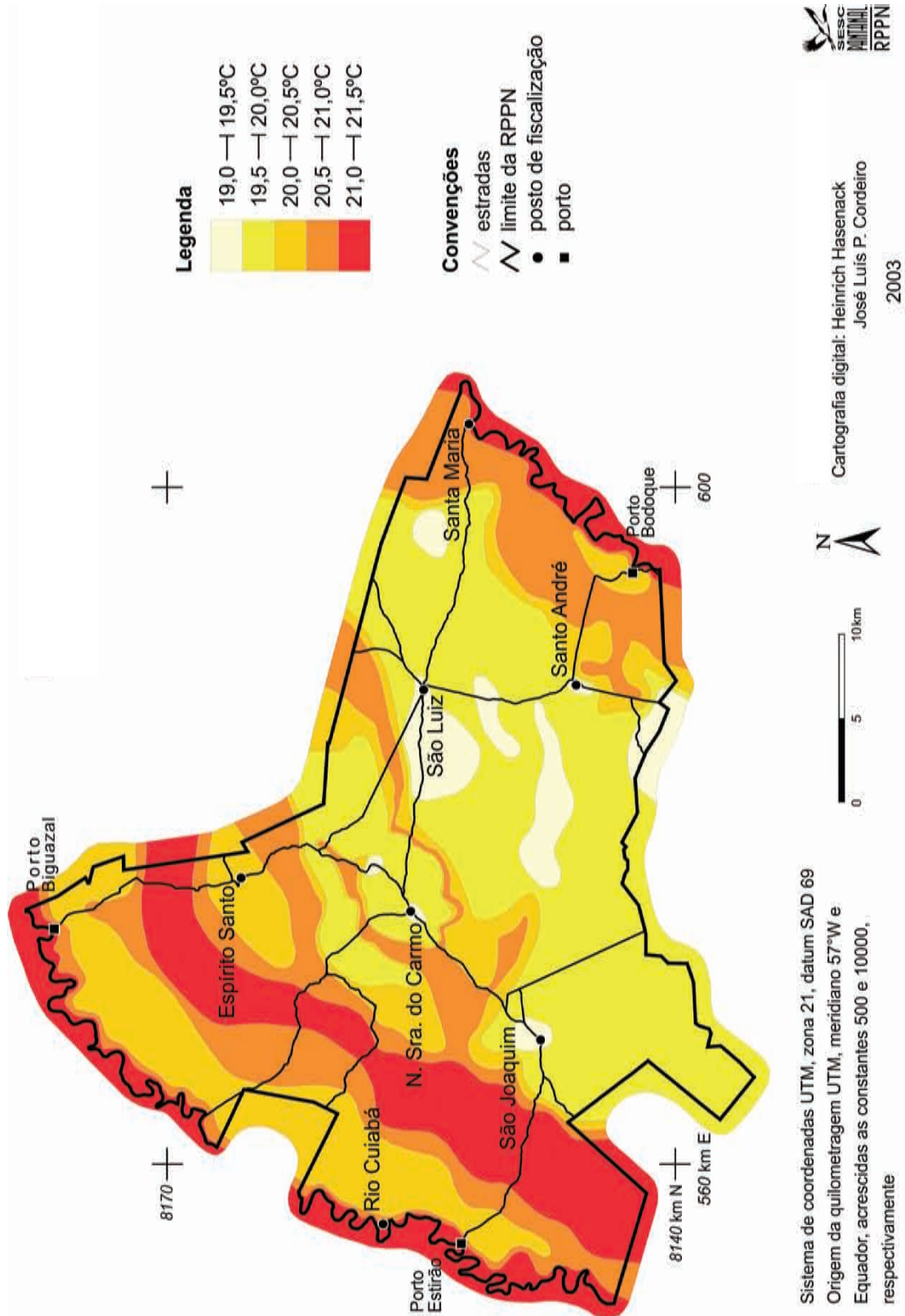




MAPA 9: Distribuição diurna da umidade na RPPN em 16/9/2002.



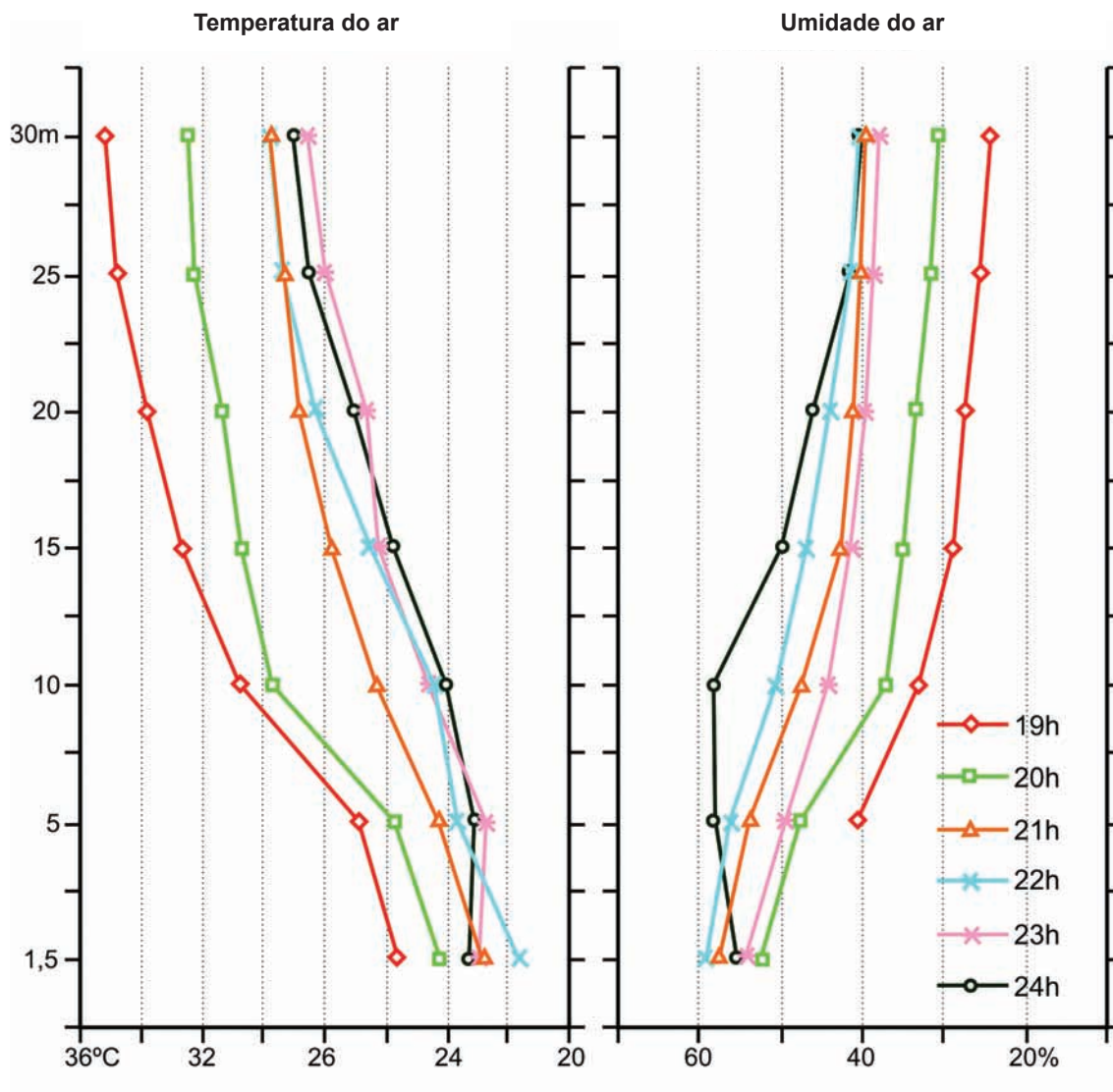
MAPA 10: Distribuição noturna da temperatura na RPPN em 16/9/2002.





Os dados verticais de temperatura e umidade medidos em Campo Aberto (torre de observação do Posto Santo André) (Figura 5) indicam um gradiente vertical mais forte às 19h, com amplitude de praticamente 10°C entre a superfície e os 30 metros. Já à meia-noite este gradiente cai pela metade. Esta característica é esperada para locais abertos em dias sem nebulosidade e sem vento. Um maior número de observações seria desejável para confirmar se este gradiente se mantém constante ao longo do período seco.

FIGURA 5: Distribuição vertical de elementos meteorológicos no Posto Santo André – RPPN SESC Pantanal, em 27/8/2002.



2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos dados meteorológicos das estações do Pantanal e de seu entorno evidencia diferenças climáticas regionais. As diferenças na temperatura são pequenas. Embora episódica, a “fria-gem”, entrada de frentes frias até latitudes mais baixas, é fenômeno conhecido na região, mas cuja característica no Pantanal do norte é pouco conhecida. Mais evidentes são as diferenças quanto à precipitação. A precipitação total média anual tende a crescer de Corumbá, oeste do Pantanal, para Nordeste e para Sudeste num gradiente menor no Pantanal, acentuando-se à medida que a altitude aumenta. Observa-se também uma tendência de maior concentração da precipitação no norte em relação ao sul do Pantanal. Infelizmente existem registros meteorológicos apenas no Pantanal sul, razão pela qual é fundamental manter uma estação meteorológica com atividade regular na RPPN. Ela poderia suprir esta carência de informação.

Na RPPN, a caracterização da distribuição da temperatura na escala de mesoclima evidenciou diferenças importantes. Como neste período há pouca nebulosidade e pouco vento, a atmosfera local reflete muito a influência da cobertura do solo. Áreas com maior densidade de vegetação consomem grande parte da energia recebida nos processos de elaboração de fotossíntese e principalmente na evapotranspiração.

Já as superfícies com pouca ou nenhuma cobertura vegetal armazenam quantidade maior de energia, que é devolvida à atmosfera na forma de calor sensível. Em consequência, as áreas abertas apresentaram temperaturas mais elevadas do que as áreas de formações de mata. Adicionalmente, o amortecimento à incidência de energia por parte da vegetação florestal cria, na camada de ar entre a superfície e o dossel da floresta, um microclima com amplitudes térmicas bem inferiores às amplitudes térmicas em áreas abertas, bem como um ambiente mais úmido do que aquele fora da mata, especialmente durante o dia.

À noite, mesmo no período seco, a umidade do ar dentro ou fora da mata é elevada. Isto pode ser comprovado pelas medições de umidade. Durante o dia foram registradas diferenças entre os vários tipos de ambiente. Já à noite esta diferença foi menos evidente, mostrando que a condição climática regional se sobrepõe às diferenças locais. O efeito homogeneizador do vapor d'água presente no ar, nas noites da estação seca, faz supor que durante a estação chuvosa as diferenças encontradas nos vários ambientes sejam de magnitude menor, por efeito não só da umidade atmosférica elevada, mas também pela maior nebulosidade. A nebulosidade tem o mesmo efeito do dossel da floresta, embora em outra magnitude, homogeneizando a camada de ar entre a base das nuvens e o solo.

A associação entre as diferenças encontradas na temperatura e na umidade com os diferentes tipos de vegetação sugere a continuidade das observações por um período mais longo, visando confirmar ou não estas características ao longo do tempo.

A precipitação, conforme observado nos dados macroclimáticos, é menor no Pantanal do que no seu entorno. A característica da chuva convectiva é ser espacialmente irregular. Isto sugere que a chuva também tenha distribuição irregular na RPPN. Assim, seria muito importante poder registrar a precipitação de forma contínua, com instrumentos registradores para acompanhar esta variabilidade na RPPN.



REFERÊNCIAS

Microclima e a estrutura de formações vegetais

AUSSENAC, G. Interactions between forest stands and microclimate: ecophysiological aspects and consequences for silviculture. **Annals of Forest Science**, Paris, v. 57, pp. 287-301, 2000.

CABRERA, A. L. e WILLINK, A. **Biogeografia de America Latina**. Washington, DC: Organización de los Estados Americanos, 1980. p. 122.

CARLSON, D. W. e GROOT, A. Microclimate of clear-cut, forest interior, and small openings in trembling aspen forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 87, pp. 313-329, 1997.

CHEN, J. *et al.* Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology. **BioScience**, Washington, DC, v. 49, n. 4, pp. 288-297, 1999.

CORDEIRO, J. L. P. **Estrutura e heterogeneidade da paisagem de uma unidade de conservação no nordeste do Pantanal (RPPN SESC Pantanal), Mato Grosso, Brasil**: efeitos sobre a distribuição e densidade de antas (*Tapirus terrestris*) e de cervos-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*). Tese (Doutorado em Ecologia) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

CUNHA, C. N. e JUNK, W. J. Year-to-year changes in water level drive the invasion of *Vochysia divergens* in Pantanal grasslands. **Applied Vegetation Science**, Uppsala, v. 7, pp. 103-110, 2004.

DUARTE, L. S. *et al.* Role of nurse plants in Araucaria Forest expansion over grassland in grassland in south Brazil. **Austral Ecology**, Carlton, Vic, v. 31, pp. 520-528, 2006.

FRAZER, G. W.; CANHAM, C. D.; LAERTZMAN, K. P. **Gap Ligth Analyzer (GLA), version 2.0**: imaging software to extract canopy struture and gap light transmission indices from true colour fisheye photographs. Millbrook, NY: Simon Fraser University; Burnaby, B. C.: Institute of Ecosystem Studies, 1999.

GEIGER, R. **The climate near the ground**. Cambridge: Harvard University Press, 1965. 611 p.

GHUMAN, B. S. e LAL, R. Effects of partial clearing on microclimate in a humid tropical forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 40, pp. 17-29, 1987.

GOTELLI, N. J. e ELLISON, A. M. **A primer of ecological statistics**. Sunderland: Sinauer Associates Publishers, 2004.

HAMILTON, S. K.; SIPPEL, S. J. e MELACK, J. M. Inundation patterns in the Pantanal wetland

of South America determined from passive microwave remote sensing. **Archiv für Hydrobiologie**, Stuttgart, v. 137, pp. 1-23, 1996.

HEITHECKER, T. D. e HALPERN, C. B. Variation in microclimate associated with dispersed-retention harvests in coniferous forests of Washington. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 226, pp. 60-71, 2006.

HOFMANN, G. S. *et al.* Comportamento térmico em áreas de transição campo floresta na região dos Campos de Cima da Serra (RS). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11., 2005, São Paulo. **Anais do...** São Paulo: USP, 2005. pp. 2042-2052.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (Brasil). **Normas climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992. 84 p.

JONES, H. G. **Plants and microclimate**: a quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge: University Press, 1992. p. 428.

KARLSSON, M. Nocturnal air temperatures variations between forest and open areas. **Journal of Applied Meteorology**, Washington, DC, v. 39, pp. 851-862, 2000.

KIMMINS, J. P. **Forest ecology**. New York: Macmillan Publishing, 1987. p. 531.

MCELHINNY, C. *et al.* Forest and woodland stand structural complexity: its definition and measurement. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 218, pp. 1-24, 2005.

MORECROFT, M. D.; TAYLOR, M. E.; OLIVER, H. R. Air and soil microclimates of deciduous woodland compared to an open site. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 90, pp. 141-156, 1998.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forest: implications for conservation. **Tree Review**, London, v. 10, n. 2, pp. 58-62, 1995.

NIMER, E. **Geografia do Brasil**: Região Centro-Oeste. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NOBEL, P. S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. San Diego: Academic Press, 1991. p. 635.

OLIVEIRA FILHO, A. T. Floodplain “murundus” of central Brazil: evidence for the termite-origin hypothesis. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 8, pp. 1-19, 1992.



PILLAR, V. B. **Multiv**: multivariate exploratory analyses, randomization testing and bootstrap resampling: user's guide v.2.3.10. Porto Alegre: UFRGS, 2004.

PONCE, V. M. e CUNHA, C. N. Vegetated earthmounds in tropical savannas of central Brazil: a Synthesis. **Journal of Biogeography**, Malden, US, v. 20, pp. 219-225, 1993.

PORTÉ, A.; HUARD, F. e DREYFUS, P. Microclimate beneath pine plantation, semi-mature pine plantation and mixed broadleaved-pine forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 126, pp. 175-182, 2004.

POTTER, B. E.; TECLAW, R. M. e ZASADA, J. C. The impact of forest structure on near-ground temperatures during two years of contrasting temperature extremes. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 106, pp. 331-336, 2001.

RENAUD, V.; REBETEZ, M. Comparison between open-site and below-canopy climatic conditions in Switzerland during the exceptionally hot summer of 2003. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 149, pp. 873-880, 2009.

SAUNDERS, S. C. *et al.* Hierarchical relationships between landscape structure and temperature in a managed forest landscape. **Landscape Ecology**, Dordrecht, v. 13, pp. 381-395, 1998.

STATSOFT. **Statistica 6.1**. Tulsa, USA, 2004.

SZARZYNSKI, J.; ANHUF, D. Micrometeorological conditions and canopy energy exchanges of a neotropical rain forest (Surumini-Crane Project, Venezuela). **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 153, pp. 231-239, 2001.

ZHENG, D. *et al.* Effects of silvicultural treatments on summer forest microclimate in southeastern Missouri Ozarks. **Climate Research**, Pennsylvania, v. 15, pp. 45-59, 2000.

Macroclima, o clima regional, e Mesoclima, o clima local

ANTUNES, M. P. Diagnóstico da área de estudo: resumo. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 1., 1984, Corumbá. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1986. p. 207-227.

BAGNOULS e GAUSSEN. Os climas biológicos e sua classificação. **Boletim geográfico**, ano XXII, nº 176, 1963.

EARTH SCIENCES CURRICULUM PROJECT. **Investigando a Terra**. São Paulo: McGraw-Hill, 1973. v. 1, p. 275.

HASENACK, H.; BECKE, V. L. Comparação entre dois métodos de medida móvel de temperatura em ambiente urbano. **Geografia**, Rio Claro, v. 11, n. 22, pp. 137-141, 1986.

HASENACK, H.; BECKE, V. L. Distribuição noturna da temperatura em Porto Alegre, RS utilizando o método de medidas móveis. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1., 1990, Gramado, RS. **Anais...** Porto Alegre: Antac, 1990. v. 1, p.139-145.

HASENACK, H.; SCHMIDT, J. e BECKE, V. L. Distribuição noturna da temperatura em Porto Alegre. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 5., 1982, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: AGB, 1982. p. 438.

KÖPPEN, W. **Climatología**. Buenos Aires: Fondo de Cultura, 1948. pp. 152-192.

NIMER, E. Clima. **Geografia do Brasil: Região Centro-Oeste**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. v. 1, pp. 23-34.

SCHMIDT, W. Die Verteilung der Minimumtemperaturen in der Frostnacht des 12.05.1927 im Gemeindegebiet von Wien. **Fortschr. d. Landwirtschaft**, v. 21, n. 2, pp. 681-686, 1927.

STRAHLER, A. N. **Geografia física**. Barcelona: Omega, 1977. 767 p.

WALTER, H. **Vegetação e zonas climáticas**. São Paulo: EPU, 1986. 325 p.



Fonte dos dados meteorológicos

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal. **Boletim agrometeorológico 1982-1985 (Fazenda Nhumirim) e 1982-1987 (Fazenda Santana)**. Corumbá, MS, 1995. 97 p. (Boletim Agrometeorológico, 2).

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal. **Boletim agrometeorológico 1986-1996 (Fazenda Nhumirim)**. Corumbá, MS, 1977. 81 p. (Boletim Agrometeorológico, 3).

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal. **Boletim agrometeorológico 1997 (Fazenda Nhumirim)**. Corumbá, MS, 2000. 21 p. (Boletim Agrometeorológico, 4).

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal. **Boletim agrometeorológico 1998 (Fazenda Nhumirim)**. Corumbá, MS, 2000. 21 p. (Boletim Agrometeorológico, 5).

EMBRAPA. Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual. **Boletim agrometeorológico 1977-1981 (Fazenda Nhumirim)**. Corumbá, MS, 1984. 52 p. (Boletim Agrometeorológico, 1).

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (Brasil). **Normas climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992. 84 p.

RUDLOFF, W. **World climates**. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 1981. 632 p.

STRAHLER, A. N. **Geografía física**. Barcelona: Omega, 1977. 767 p.

Este livro foi composto na tipografia Electra L.H,
c. 11/15 e impresso na Ediouro Gráfica e Editora S/A
em maio de 2010 sobre papel reciclado 115g.



SESC
PANTANAL
ESTÂNCIA ECOLÓGICA

WWW.SESCPANTANAL.COM.BR



SESC

WWW.SESC.COM.BR

ISBN 978-85-89336-45-1



9 788589 336451