**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**
**Faculdade de Meteorologia**
**Graduação em Meteorologia**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

# Estudo de friagem na região do Pantanal

**Bruno Maon Fernandes**

**Pelotas, 2014**

**Bruno Maon Fernandes**

# Estudo de friagem na região do Pantanal

Trabalho acadêmico apresentado ao Curso de Graduação em Meteorologia, da Faculdade de Meteorologia, da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Meteorologia.

Orientadora: Prof[a]. Dr[a]. Luciana Barros Pinto

Co-orientadora: Prof[a]. Dr[a]. Cláudia Rejane Jacondino de Campos

Pelotas, 2014

Dados de catalogação na fonte:
Ubirajara Buddin Cruz – CRB-10/901
Biblioteca de Ciência & Tecnologia - UFPel

F363e Fernandes, Bruno Maon
Estudo de friagem na região do Pantanal / Bruno Maon Fernandes. – 66f. ; il. – Trabalho de conclusão de curso (Meteorologia). Universidade Federal de Pelotas. Faculdade de Meteorologia. Pelotas, 2014. – Orientadora Luciana Barros Pinto.

1.Climatologia. 2.Temperatura. 3.Precipitação. 4.Sistema frontal. 5.Friagem. 6.Pantanal. I.Pinto, Luciana Barros. II.Título.

CDD: 551.64253098172

**Bruno Maon Fernandes**

# Estudo de friagem na região do Pantanal

**Trabalho de Conclusão de Curso aprovado, como requisito parcial, para obtenção do grau de Bacharel em Meteorologia, Faculdade de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas.**

**Data da Defesa: 21 de maio de 2014.**

**Banca Examinadora:**

**Prof[a]. Dra. Luciana Barros Pinto (Orientadora). Doutora em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa - MG.**

**Prof[a]. Dra. Cláudia Rejane Jacondino de Campos. Doutora em Física da Atmosfera pela Universite de Toulouse III – França.**

**Prof[a]. Dra. Graciela Redies Fischer. Doutora em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa - MG.**

## Dedicatória

À minha família, a meus amigos e a todos que de alguma forma contribuíram para a minha formação e me apoiaram.

**Agradecimentos**

Agradeço à minha família pelo apoio moral e financeiro.

Aos amigos de inestimável valor que fiz durante a graduação e que sempre levarei comigo, especialmente Gisele, Jéssica, Juliana, Simone, Sandro e Antonio. Aos bons momentos compartilhados e por tornarem mais prazerosa esta árdua caminhada.

À Professora Drª. Luciana Barros Pinto, pela orientação neste trabalho, e à Professora Drª. Cláudia Rejane Jacondino de Campos pela co-orientação.

Ao colega de curso Müller Santos, pela contribuição na organização dos dados.

Aos amigos de longa data Lívia, Matheus, Ricardo e Vinícius pelo incentivo e pela amizade inabalável apesar da distância.

À Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de realizar o curso de Graduação, e aos professores da Faculdade Meteorologia pelos ensinamentos de grande valia.

## Resumo

FERNANDES, Bruno Maon. **Estudo de friagem na região do Pantanal**. 2014. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Meteorologia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A incursão de ar frio em regiões tropicais da América do Sul é denominada como friagem. O fenômeno é caracterizado pelo avanço de um sistema frontal a leste da Cordilheira dos Andes, impulsionado pela atuação de uma forte massa de ar frio em sua retaguarda e também pelas baixas altitudes da região central do continente. Seus efeitos sobre as condições meteorológicas são bastante conhecidos na região Amazônica, porém pouco se conhece a respeito da influência da friagem no Pantanal. Por isso o objetivo deste trabalho foi quantificar e analisar os eventos de friagem na região do Pantanal entre o período de 2007 a 2012. Para isso foram utilizados dados de temperatura do ar e precipitação para duas localidades na região, e os boletins do Climanálise. Verificou-se que o período de maio a setembro é o de maior ocorrência do fenômeno, e a temperatura máxima foi a variável mais afetada pela atuação da friagem. As temperaturas tiveram declínio nos primeiros dois dias de evento, e a partir do terceiro dia apresentou elevação. Cada friagem teve duração média de 5 dias, e a maioria dos eventos registraram precipitação. Nos meses de junho, julho e agosto a maior parte da chuva ocorreu em períodos de atuação deste fenômeno.



Palavras-chave: temperatura, precipitação, sistema frontal, Pantanal, friagem

## Abstract

FERNANDES, Bruno Maon. **Study of *friagem* in the Pantanal region**. 2014. 66f. Final Examination (Graduation) – Faculty of Meteorology. Federal University of Pelotas, Pelotas.

The incursion of cold air in the tropics of South America is called as *friagem*. This phenomenon is characterized by the advance of a frontal system east of the Andes, driven by the action of a strong cold air mass in its rearguard and also by the lower altitudes of the central region of the continent. Their effects on weather conditions are well known in the Amazon region, but less is known about the influence of the *friagem* in the Pantanal. Therefore the aim of this work was to quantify and analyze the events of *friagem* in the Pantanal region from 2007 to 2012. For that aim, was used datas of air temperature and precipitation, from two locations in the region. It was noted that the period from May to September presented the highest occurrence of the phenomenon, and the maximum temperature was the variable most affected by *friagem*. Temperatures were declining in the first two days of the event, and after the third day showed an increase. Each event had a mean duration of 5 days and in the most rainfall was registered. During June, July and August, most of the rain occurred in periods of *friagem*.



Keywords: temperature, precipitation, frontal system, Pantanal, friagem

## Lista de Figuras

Figura 1 - Divisão territorial dos municípios do Pantanal e localização geográfica no continente sul-americano.
Fonte: MARCUZZO et al. (2010).....17
Figura 2 - Altimetria do Pantanal.
Fonte: MARCUZZO et al. (2010).....18
Figura 3 - Hidrografia do Pantanal.
Fonte: BRAZIL (2007).....19
Figura 4 - Precipitação total anual média no Pantanal.
Fonte: ANTUNES (1984).....23
Figura 5 - Precipitação total média no trimestre dezembro, janeiro e fevereiro.
Fonte: ANTUNES (1984).....23
Figura 6 - Número de meses com déficit hídrico.
Fonte: ANTUNES (1984).....25
Figura 7 - Temperaturas médias nos meses de janeiro (a) e julho (b).
Fonte: ANTUNES (1984).....27
Figura 8 - Localização das estações do INMET utilizadas no estudo.
Fonte: Adaptado de PEREIRA et al. (2010).....35
Figura 9 - Imagem descritiva das seções latitudinais com os pontos utilizados pelo boletim Climanálise na identificação dos sistemas frontais. A linha verde representa a primeira seção (Litoral), a linha amarela representa a segunda seção (Interior) e a linha vermelha representa a terceira seção (Central).
Fonte: Adaptado de GOOGLE EARTH (2014).....37
Figura 10 - Exemplo da plotagem de sistemas frontais na terceira seção (Central) do boletim Climanálise para o mês de abril de 2008.

Fonte: CLIMANÁLISE (2014).....38
Figura 11 - Distribuição mensal das médias de temperaturas mínimas, médias e máximas, e da precipitação em Aquidauana e Coxim para o período de 2007 a 2012.....41
Figura 12 - Distribuição mensal dos eventos de friagens para a região do Pantanal entre os anos de 2007 e 2012.....42
Figura 13 - Distribuição mensal dos eventos de friagens para a região do Pantanal entre os anos de 2007 e 2012.....43
Figura 14 - Distribuição mensal da média de dias sob o efeito de friagens para Aquidauana e Coxim no período de 2007 a 2012.....44
Figura 15 - Distribuição anual do total de dias sob o efeito de friagens para Aquidauana e Coxim no período de 2007 a 2012.....45
Figura 16 - Evolução temporal da média das variações de temperaturas mínimas, médias e máximas em eventos de friagem em relação ao dia anterior para a) Aquidauana e b) Coxim.....46
Figura 17 - Evolução diária das médias de temperaturas mínimas, médias e máximas em eventos de friagem para a cidade de Aquidauana no período de 2007 a 2012.....47
Figura 18 - Evolução diária das médias de temperaturas mínimas, médias e máximas em eventos de friagem para a cidade de Coxim no período de 2007 a 2012.....48
Figura 19 - Distribuição anual das temperaturas mínimas absolutas em Aquidauana e Coxim no período de 2007 a 2012.....49
Figura 20 - Distribuição anual das temperaturas mínimas absolutas em Aquidauana e Coxim no período de 2007 a 2012.....49
Figura 21 - Média das mínimas em dias de friagem e média das mínimas mensais no período de 2007 a 2012 em Aquidauana.....50
Figura 22 - Média das mínimas em dias de friagem e média das mínimas mensais no período de 2007 a 2012 em Coxim.....51
Figura 23 - Temperaturas médias em dias de friagem e temperaturas médias mensais no período de 2007 a 2012 para Aquidauana.....52
Figura 24 - Temperaturas médias em dias de friagem e temperaturas médias mensais no período de 2007 a 2012 para Coxim.....52

Figura 25 - Média das temperaturas máximas em dias de friagem e média das temperaturas máximas mensais no período de 2007 a 2012 em Aquidauana.....53
Figura 26 - Média das temperaturas máximas em dias de friagem e média das temperaturas máximas mensais no período de 2007 a 2012 em Coxim.....54
Figura 27 - Evolução diária da precipitação média em eventos de friagem e a porcentagem de dias com precipitação para cada referido dia.....55
Figura 28 - Contribuição das precipitações ocorridas nas friagens no acumulado mensal de precipitação em Aquidauana e Coxim para o período de 2007 a 2012.....56
Figura 29 - Distribuição mensal dos eventos de friagem com e sem precipitação para a) Aquidauana e b) Coxim.....57
Figura 30 - Contribuição das precipitações ocorridas nas friagens no acumulado mensal de precipitação em Aquidauana e Coxim para o período de 2007 a 2012.....58

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Estações meteorológicas utilizadas no estudo.....33

## Lista de abreviaturas e siglas

| | |
|---|---|
| °C | Graus Celsius |
| AB | Alta da Bolívia |
| AMJ | Abril-Maio-Junho |
| ASAS | Alta Subtropical do Atlântico Sul |
| BAP | Bacia do Alto Paraguai |
| BDMEP | Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa |
| BRAMS | Brazilian Developments on the Regional Atmospheric Modeling System |
| CLP | Camada Limite Planetária |
| CO2 | Dióxido de Carbono |
| Ec | Equatorial Continental |
| GOES | Geostationary Operational Environmental Satellite |
| hPa | Hecto Pascal |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| INMET | Instituto Nacional de Meteorologia |
| JAS | Julho-Agosto-Setembro |
| JFM | Janeiro-Fevereiro-Março |
| Km | Kilômetros |
| METAR | Meteorological Aerodrome Report |
| MJ | Mega Joules |
| m | Metros |
| mm | Milímetros |
| mmol | Mili Mol |
| MS | Mato Grosso do Sul |
| MT | Mato Grosso |
| NCAR | National Center for Atmosphere Research |

| | |
|---|---|
| NCEP | National Center for Environmental Prediction |
| OND | Outubro-Novembro-Dezembro |
| PNUD | Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento |
| SC | Sistemas Convectivos |
| SCPN | Sistema de Correntes Perturbadas de Norte |
| SCPO | Sistema de Correntes Perturbadas de Oeste |
| SCPS | Sistema de Correntes Perturbadas de Sul |
| SF | Sistemas Frontais |
| Ta | Tropical Atlântica |
| UNESCO | United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization |
| UTC | Universal Time Coordinated |
| ZCAS | Zona de Convergência do Atlântico Sul |
| ZCIT | Zona de Convergência Intertropical |

**Sumário**

1. Introdução .....15
2. Revisão de Literatura .....17
2.1. Localização e aspectos físicos .....17
2.2. Aspectos Socioeconômicos.....21
2.3. Clima .....23
2.3.1. Friagem .....30
3. Metodologia.....35
4. Resultados e Discussões .....40
4.1. Médias de temperaturas e precipitação entre 2007 e 2012.....40
4.2. Distribuições mensais e anuais e duração das friagens.....41
4.3. Temperatura do ar durante eventos de friagem .....45
4.3.1. Análise das temperaturas mínimas .....48
4.3.2 Análise das temperaturas médias .....51
4.3.3 Análise das temperaturas máximas .....52
4.4 Precipitação associada a eventos de friagens.....54
5. Conclusões.....58
Referências .....59

## Introdução

O fenômeno da friagem é caracterizado como forte entrada de ar frio, vindo do sul, que atinge a região tropical (SERRA; RATISBONNA, 1960), onde a maioria dos estudos sobre o tema estão voltados para a região amazônica (MYERS, 1964; PARMENTER, 1976; FORTUNE, 1982; LONGO; DIAS, 2004; OLIVEIRA et al., 2004). Sendo assim, pouco se sabe sobre os efeitos da friagem nas demais áreas tropicais, como a região do Pantanal.

O Pantanal está localizado na região central da América do Sul, entre os paralelos 15º 45' a 22º 15' de latitude Sul e os meridianos 54º 45' a 58º de longitude Oeste. Ocupa aproximadamente 138 mil quilômetros quadrados, equivalente a quase 40% dos 361 mil quilômetros quadrados de área da Bacia do Alto Paraguai (BAP), onde está situado (SILVA, 1995a; RODELA, 2006). O relevo plano e baixo, aliado a localização tropical e solo sedimentar, contribui para que seja considerada a maior área inundável do planeta (HAMILTON et al., 1996). A região recebeu o título de Patrimônio Nacional pela Constituição Federal de 1988, e Reserva da Biosfera pela UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) no ano de 2000 (HARRIS et al., 2005).

O clima do Pantanal é o tropical típico, ou Aw na classificação climática de Köppen, que se caracteriza por duas estações do ano bem definidas, uma seca e outra chuvosa (GARCIA, 1984). A temperatura média anual está em torno dos 25ºC, a umidade relativa média do ar em 82%, e a precipitação média anual varia de 1000 mm no centro-oeste do Pantanal até quase 1500 mm na região setentrional (GARCIA, 1986).

A sazonalidade da região é marcada por verão úmido e quente, com temperaturas médias em torno dos 27ºC, e máximas podendo ultrapassar os 40ºC. Cerca de 70% de toda a precipitação anual ocorre entre os meses de outubro a

março. Durante o inverno a precipitação é escassa, em decorrência da estabilidade gerada pela influência do anticiclone subtropical do Atlântico Sul. As temperaturas são amenas no período de seca, com médias em torno de 21ºC.

Em alguns casos a temperatura mínima se aproxima de 0ºC nos meses de outono e inverno, com ocorrência de geadas (NIMER, 1989). Isso ocorre devido à atuação de massas de ar frio oriundas do sul do continente que atingem a região, ocasionando variações térmicas significativas (SERRA; RATISBONNA, 1960). Este fenômeno recebe o nome de friagem, que é caracterizado pela atuação de um anticiclone polar em uma região tropical. Com a passagem da frente fria que antecede a chegada do ar frio pela região, há a ocorrência de chuvas frontais e pós-frontais durante um período de um a três dias. Após a passagem do sistema frontal, a região fica sob a ação do anticiclone polar, que causa diminuição das temperaturas e da umidade específica do ar (PINTO JR; SILVA, 2012).

A frequência e a intensidade destes eventos de friagem na região do Pantanal ainda não são bem definidas, com isso, sua ocorrência acaba gerando transtornos à sociedade. Em julho de 2010, durante um evento intenso de friagem, duas pessoas morreram por hipotermia no Pantanal (AQUIDAUANA NEWS, 2013) e mais de duas mil cabeças de gado também não resistiram às baixas temperaturas no Mato Grosso do Sul (PECUÁRIA, 2013). Além disso, as baixas temperaturas costumam causar mortes por hipotermia principalmente em comunidades indígenas (SELUCHI, 2009).

Sendo assim, torna-se evidente a importância de estudos sobre esse tipo de fenômeno na região, o que possibilitaria um aperfeiçoamento nas previsões destes eventos,contribuindo para um melhor planejamento por parte das autoridades e amenizando os transtornos causados pelas baixas temperaturas.

Dentro deste contexto, o objetivo geral deste trabalho é avaliar a ocorrência e os efeitos do fenômeno da friagem no Pantanal. Os objetivos específicos são: contabilizar as ocorrências do fenômeno da friagem no período de 2007 a 2012, analisar a distribuição mensal e anual deste evento, bem como sua duração e impactos que o fenômeno da friagem causa no padrão térmico e pluviométrico da região.

# Revisão de Literatura

## 2.1. Localização e aspectos físicos

O Pantanal é um bioma brasileiro localizado próximo ao centro geográfico da América do Sul, entre os paralelos 15º45’ a 22º15’ de latitude Sul e os meridianos 54º45’ a 58º00’ de longitude Oeste (CALHEIROS; FONSECA JR, 1996) (Fig. 1). Sua posição é estratégica, uma vez que representa o elo entre os domínios do Cerrado no Brasil Central a leste, do Chaco na Bolívia e Paraguai a oeste e sul, e da região Amazônica ao norte do continente (BRASIL, 1979; SILVA, 1990; SILVA, 1995b).

A planície do Pantanal é considerada a maior área sujeita a inundação sazonal do planeta (MARCUZZO et al., 2010; SILVA et al., 2002; PEREIRA et al., 2010; MORAES et al., 2009). Ocupa uma área estimada em cerca de 138 mil km², o que representa 40% dos 361 mil km² da Bacia do Alto Paraguai (RODELA, 2006), englobando ainda terras paraguaias e bolivianas (SILVA et al., 2002; PEREIRA et al., 2010; SWART, 2000) (Fig. 1). Na porção brasileira, estende-se pelos estados de Mato Grosso (35%) e Mato Grosso do Sul (65%), onde abrange 13 municípios: seis mato-grossenses e sete sul-mato-grossenses (MARCUZZO et al., 2010). Seu perímetro é de 3380 km e possui 770 km de extensão norte-sul (FARIAS, CHAN; 2006).

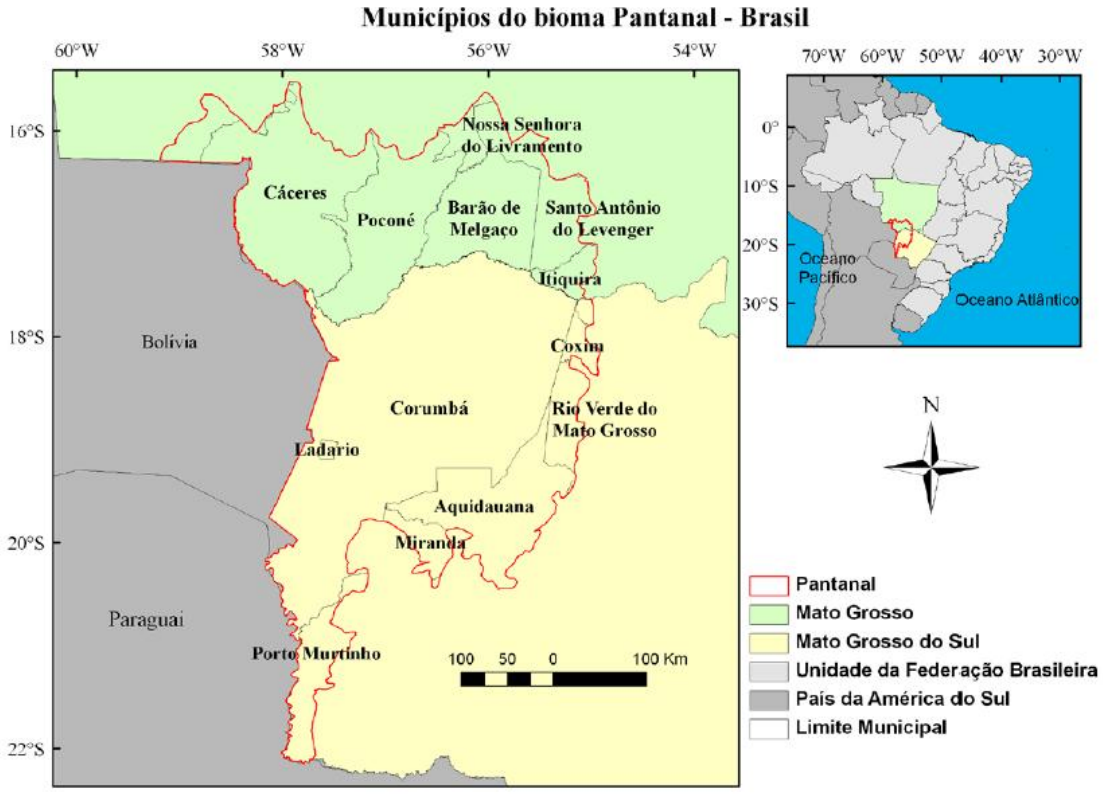


Figura 1. Divisão territorial dos municípios do Pantanal e localização geográfica no continente sul-americano.

Fonte: MARCUZZO et al. (2010).

A planície onde está situado o Pantanal foi formada há milhões de anos através do soerguimento da Cordilheira dos Andes no período Quaternário, e posteriormente preenchida com depósitos aluviais arenosos durante o intenso processo erosivo ocorrido no período Pleistoceno (HAMILTON et al., 1996). O relevo do Pantanal é baixo, com altitudes que variam em média de 80 a 150 metros, com extremos de 75 a 1029 metros (PEREIRA et al., 2010) (Fig. 2). As declividades são de apenas 0,07 a 0,5 $m.km^{-1}$ no sentido leste-oeste e de 0,007 a 0,5 $m.km^{-1}$ no sentido norte-sul, o que lhe conferem um terreno praticamente plano (CALHEIROS; FONSECA JR, 1996; GARCIA, 1984). Entretanto no entorno da planície pantaneira, nas regiões limítrofes da BAP, o terreno é mais elevado, predominando áreas de planalto.

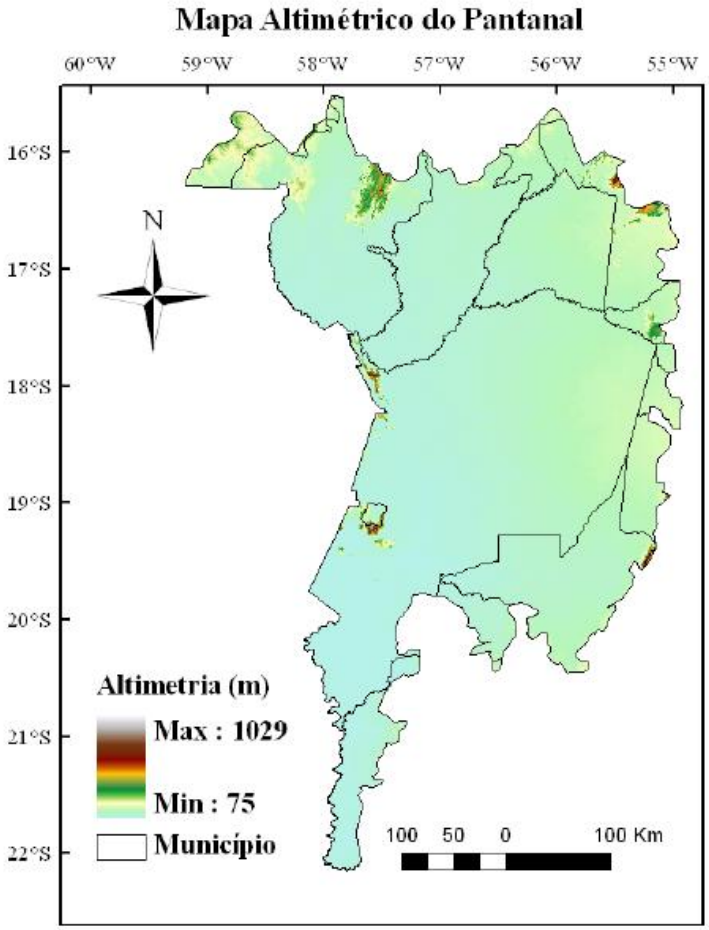


Figura 2. Altimetria do Pantanal.

Fonte: MARCUZZO et al. (2010).

O sistema de drenagem da região é constituído por mais de 300 rios, além de um grande número de vazantes, corixos, baías e lagoas que podem ou não ser interligadas temporariamente por canais (BRASIL, 1974; FARIAS; CHAN, 2006). O Paraguai é o principal rio do Pantanal, bem como de toda a BAP, e corta a planície de norte a sul. Seus principais afluentes na margem direita são os rios Jauru, Cabaçal e Sepotuba, e na margem esquerda os rios Cuiabá (com os subafluentes São Lourenço e Piquiri), Taquari, Miranda e Apa (com seu subafluente Aquidauana) (CALHEIROS; FONSECA JR, 1996) (Fig. 3). Devido as baixas declividades predominantes no Pantanal, as águas que caem nas cabeceiras dos principais rios, levam até quatro meses para percorrerem toda a planície (ANDREASI, 2001).

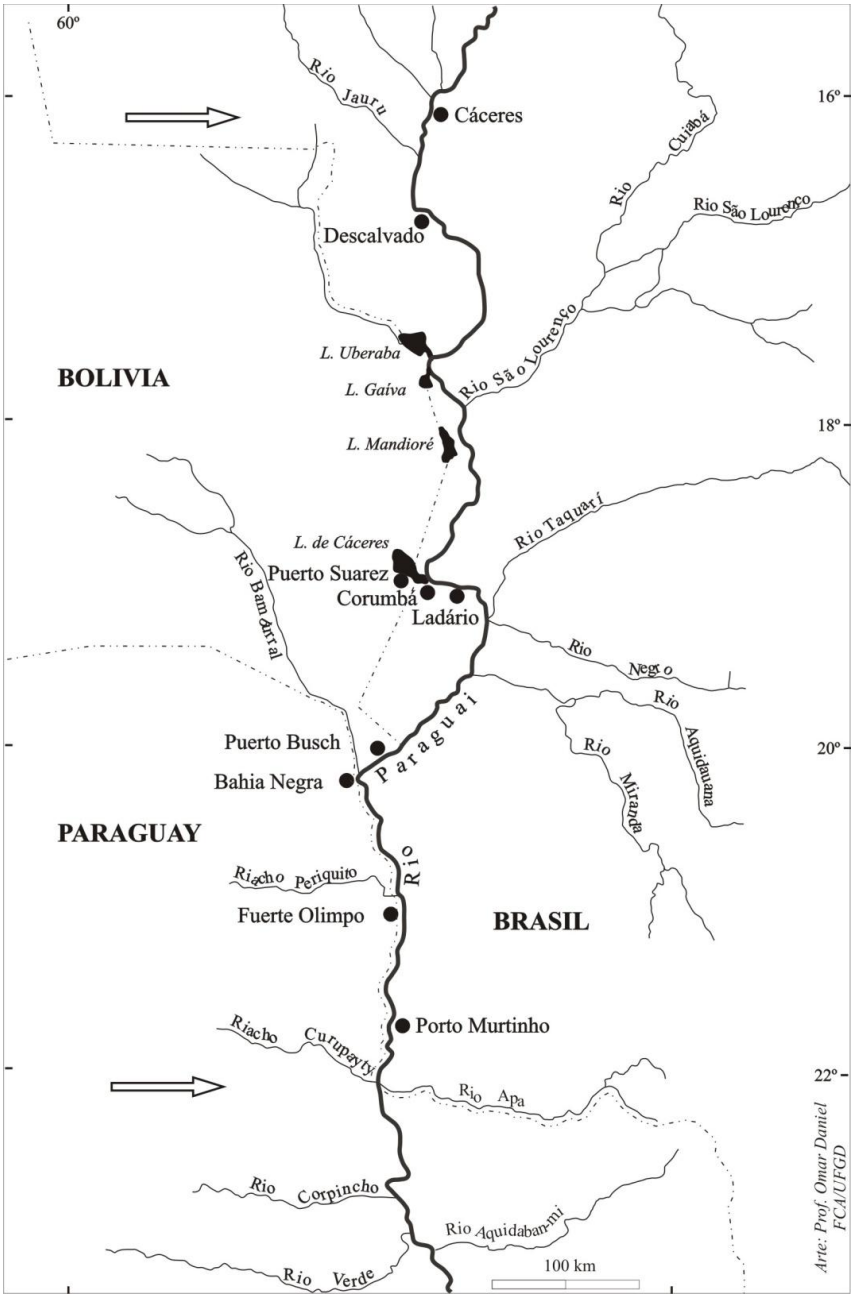


Figura 3. Hidrografia do Pantanal.

Fonte: BRAZIL (2007).

Os fatores orográficos, aliados ao tipo de solo e também as chuvas periódicas anuais, dificultam o escoamento da água formando áreas alagadas com periodicidade anual e/ou plurianual (CALHEIROS; FONSECA JR, 1996). Vários autores estudaram os ciclos de cheia na região e concluíram que o processo de inundação ao qual o Pantanal é submetido periodicamente depende essencialmente das precipitações (MARTINS et al., 2001; GALDINO; SILVA, 2006; HOFMANN,

2008; MARCUZZO et al., 2010;). As baixas declividades por sua vez, favorecem a propagação dessas inundações em todas as direções (MARTINS et al., 2001).

Apesar disso, ao longo de toda a extensão do Pantanal, encontram-se regiões de cordões arenosos, com altitudes relativamente mais elevadas em relação às regiões circunvizinhas, que permanecem secas mesmo durante o período de cheias. As regiões mais baixas ficam alagadas durante todo

o ano, inclusive no período de seca. Mas o que predomina são as regiões intermediárias, que ora estão alagadas, ora estão secas, acompanhando o ciclo de cheias do Pantanal (MARCUZZO et al., 2010; MAGALHÃES, 1992; ASSINE, 2005). Estas regiões intermediárias, sujeitas às inundações periódicas, correspondem a cerca de 43 mil km² (12 mil km² a mais ou a menos), o que equivale a 26% (7% a mais ou a menos) da área total da planície pantaneira (PEREIRA et al., 2010).

No norte do Pantanal, nas regiões de Cuiabá, Santo Antonio de Leverger e Barão de Melgaço, as cheias ocorrem durante o período mais chuvoso, de janeiro a março, atingindo o sul da planície, na região de Corumbá, entre os meses de abril e junho (BRASIL, 1974, 1982; SILVA, 1990). O ciclo periódico de seca/cheia é um dos inúmeros fatores que controlam a biodiversidade do Pantanal, pois ora favorece as espécies terrestres, ora favorece as espécies aquáticas (JUNK et al., 1989; SOUZA et al., 2007). De acordo com Petts (1990), por se tratar de uma faixa de contato e de grande interação entre os ecossistemas terrestres e aquáticos, o Pantanal poderia ser classificado como um grande ecótono, ou seja, um espaço de alta diversidade e tensão ecológica.

Em vista de sua peculiaridade no âmbito ecológico, dada a abundância de sua fauna e flora, o Pantanal recebeu o título de Patrimônio Nacional pela Constituição Federal de 1988, passando assim para o poder público o dever de defendê-lo e preservá-lo para as gerações futuras (GRADELLA, 2008). No ano de 2000 a região foi nomeada Reserva da Biosfera pela UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) (FARIAS; CHAN, 2006).

## 2.2. Aspectos Socioeconômicos

Por se tratar de uma área sujeita a inundação, o Pantanal não possui grandes áreas urbanas. A maior cidade da região é Corumbá/MS, que possui 107 mil habitantes segundo a estimativa oficial do Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística (IBGE, 2013), sendo o único centro urbano com mais de 100 mil habitantes. Cáceres/MT, com 88 mil, é o segundo município mais populoso, seguido de Aquidauana/MS com 46 mil. As demais cidades possuem entre 8 e 32 mil habitantes. Em todos os 13 municípios que compõem o Pantanal, a população estimada em 2013 pelo IBGE era de 443 mil habitantes, sendo 270 mil (61%) no estado de Mato Grosso do Sul e 173 mil (39%) no Mato Grosso. Desse total, 337 mil (76%) residem na área urbana. Conforme avaliação do Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento (PNUD, 2013), utilizando dados referentes a 2010, as 13 cidades que formam o Pantanal estavam classificadas como de médio e alto desenvolvimento humano, com índices acima de 0,6 numa escala de 0 a 1.

Embora a região já venha sendo utilizada para a criação extensiva de gado há mais de 200 anos (EMBRAPA, 1994), foi a partir dos anos 60, quando o governo federal incentivou projetos agropecuários no interior do país, que a pecuária se tornou a principal atividade econômica do Pantanal (CALHEIROS; FONSECA JR, 1996). Esta atividade, embora facilitada pela grande disponibilidade de pastagem, é fortemente prejudicada pelo ciclo de cheias, que obriga o deslocamento do gado para as áreas não inundadas (MORAES et al., 2009).

Além disso, a pecuária bovina em pastagem é a principal causa do desmatamento na região, devido às queimadas provocadas por pecuaristas que encontraram desta forma o método mais econômico para limpar a pastagem. Poucos dias após as queimadas, a vegetação brota rica em proteínas, sal e celulose, o que torna esta prática tão comum (COUTINHO, 1990). Em contrapartida ela acarreta inúmeros problemas socioambientais, como a perda da biodiversidade da fauna e flora, e problemas respiratórios na população pantaneira (PINTO JR; SILVA, 2012).

A pesca é outra atividade econômica de destaque no Pantanal, favorecida pela grande área sujeita a inundação e ao bom estado de conservação do ambiente, o que aumenta a produção pesqueira (CATELLA; PETRERE JR., 1996; WILLINK et al., 2000). E, os belos cenários da região estão impulsionando o turismo, outra atividade em constante expansão (CALHEIROS, FONSECA JR, 1996). A mineração e a agricultura atualmente também são setores importantes na economia do Pantanal (WILLINK et al., 2000).

## 2.3. Clima

O clima do Pantanal é o tropical típico (também conhecido por tropical de savana), ou Aw na classificação climática de Köppen (SILVA et al., 2002; GARCIA, 1984). A letra “A” refere-se a um clima megatérmico, com temperatura média do mês mais frio superior a 18ºC, valor crítico para flora tropical. A letra “w” corresponde a precipitação média anual entre 1000 e 1500 mm, com média mensal do mês mais seco abaixo dos 40 mm, caracterizando, portanto um clima com duas estações bem definidas: uma seca (de abril a setembro – inverno) e outra chuvosa (de outubro a março – verão) (HASENACK et al., 2003; PEREIRA et al., 2010).

As precipitações ocorrem devido à atuação (de forma acoplada ou não) de vários sistemas atmosféricos de diferentes escala, dos quais se destacam: os Sistemas Convectivos (SC), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), a Alta da Bolívia (AB) e os Sistemas Frontais (SF). A intensidade com que esses fenômenos atuam determinam as variações espaciais de precipitação na região (COUTO; FOSTER, 2009). Além disso, a orografia embora seja predominantemente plana, também afeta o regime pluviométrico, visto que as massas de ar que atuam na região no período chuvoso são instáveis e muito úmidas (GALDINO; SILVA, 2006).

A região do Pantanal é caracterizada por um pronunciado gradiente positivo de precipitação no sentido leste/oeste e no sentido norte/sul (Fig. 4). Enquanto no centro-oeste da região a média anual é de apenas 1000 mm, na porção setentrional se aproxima de 1500 mm (ALFONSI; PAES DE CAMARGO, 1986). Grande parte desta chuva ocorre durante o verão, estação mais chuvosa do ano. Porém, o montante de precipitação nesta estação varia conforme a latitude (Fig. 5). Enquanto no norte (região de Cáceres), o verão concentra 82% de toda a precipitação anual, no sul (região de Porto Murtinho) esse percentual é menor, de 68%. Isso ocorre, pois no norte o regime de chuvas é essencialmente tropical, com uma estação seca bem definida.

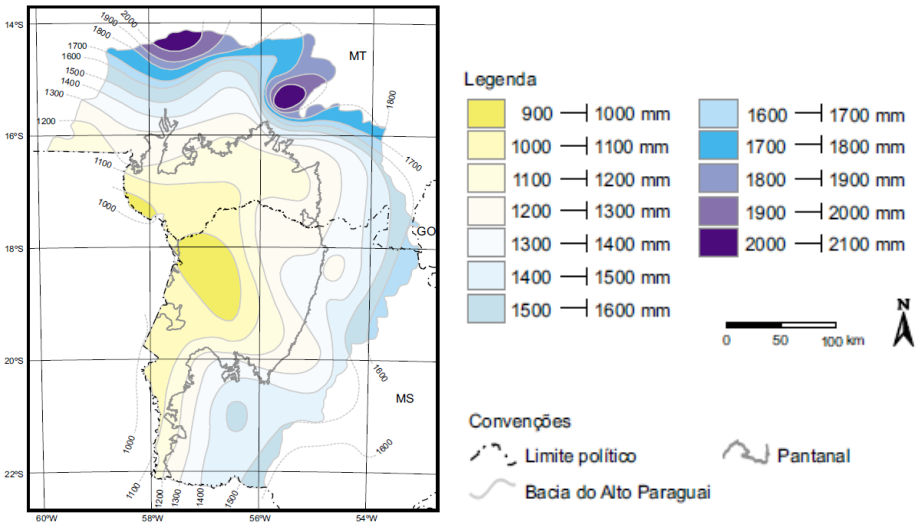


Figura 4. Precipitação total anual média no Pantanal.

Fonte: ANTUNES (1984).

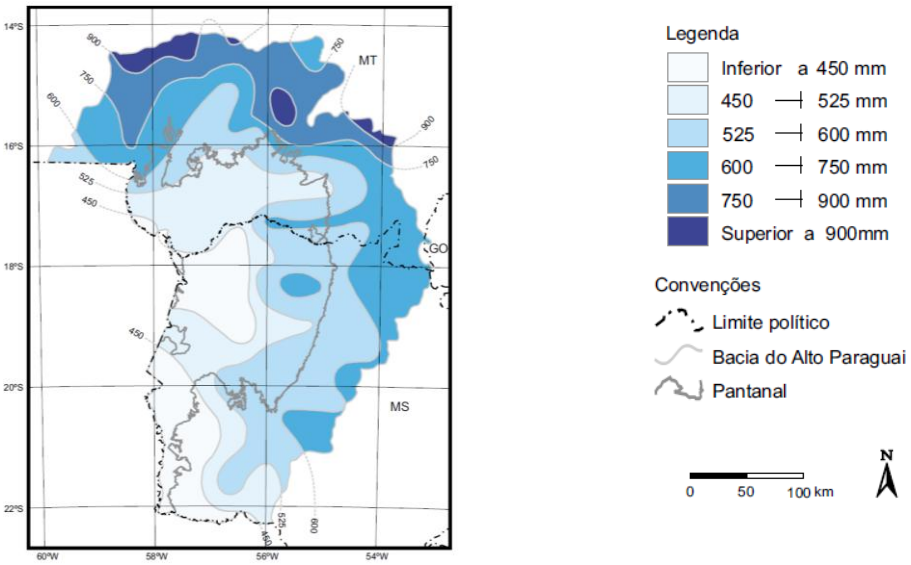


Figura 5. Precipitação total média no trimestre dezembro, janeiro e fevereiro.

Fonte: ANTUNES (1984).

O sul do Pantanal, embora possua uma estação seca, apresenta chuvas melhor distribuídas ao longo do ano, sinalizando uma transição ao clima subtropical do sul do Brasil, caracterizado pela ausência de estação seca. Além disso, a maior atuação de frentes frias na porção meridional do Pantanal é responsável pelo início mais tardio e a menor duração da estação seca nesta região, quando comparada

com a porção setentrional pantaneira, onde ela é longa e severa (HASENACK et al., 2003; GARCIA, 1984).

A variabilidade climática global interfere na duração e intensidade dos períodos secos e chuvosos, porém estudos mostram que não há tendências de mudanças significativas a longo prazo. Estes mesmos estudos demonstraram que a sazonalidade da precipitação no Pantanal é mais relacionada a fenômenos interdecadais dos oceanos Pacífico e Atlântico (MARENGO, 2008).

Embora o total anual médio de precipitação seja considerado relativamente elevado, a maior parte do Pantanal apresenta deficiência hídrica (Fig. 6). Enquanto a precipitação média anual é de cerca de 1100 mm, a evapotranspiração média anual é de aproximadamente 1400 mm, o que gera um déficit hídrico de 300 mm (ALFONSI; PAES DE CAMARGO, 1986). Em contrapartida, no entorno do Pantanal, região de planalto, a precipitação média anual é de 1500 mm, suficiente pra que ocorra um excesso hídrico. Esse superávit contribui para um equilíbrio hídrico, pois parte dessa água excedente é drenada para as áreas secas da planície (HASENACK et al., 2003).

De maneira geral o Pantanal, bem como toda a região centro-oeste, tem predominância de ventos do quadrante norte, decorrente da influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que por sua subsidência mantém o tempo estável. Esta estabilidade, porém, está sujeita a mudanças bruscas em função de sistemas de circulação ou correntes perturbadas, destacando-se: Sistemas de Correntes Perturbadas de Oeste (SCPO), Sistemas de Correntes Perturbadas de Norte (SCPN) e Sistemas de Correntes Perturbadas de Sul (SCPS). A SCPO caracteriza-se pela presença de Linhas de Instabilidade tropicais, geradas por pequenas áreas de baixa pressão, que acarretam chuvas com trovoadas e é bastante comum no verão. A SCPN é causada pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), seu máximo ocorre no outono e seu mínimo na primavera, quando é ausente. Tem participação pouco significativa no regime pluviométrico anual da região pantaneira e é também conhecida como “Chuva de Doldrum”. A SCPS é caracterizada pelo avanço de um anticiclone polar, onde em sua vanguarda há o surgimento de uma frente polar. No verão, devido a intensificação e expansão da Baixa do Chaco, o anticiclone polar é impedido de avançar Pantanal adentro, e sua atuação fica restrita ao sul da região. A alta polar em contato com a baixa quente gera instabilidades. A magnitude dessas precipitações varia principalmente

com o gradiente térmico entre as duas massas de ar. Porém como é raro o avanço dessa alta na estação do verão, a atividade frontal é bastante fraca nesse período do ano (NIMER, 1989).

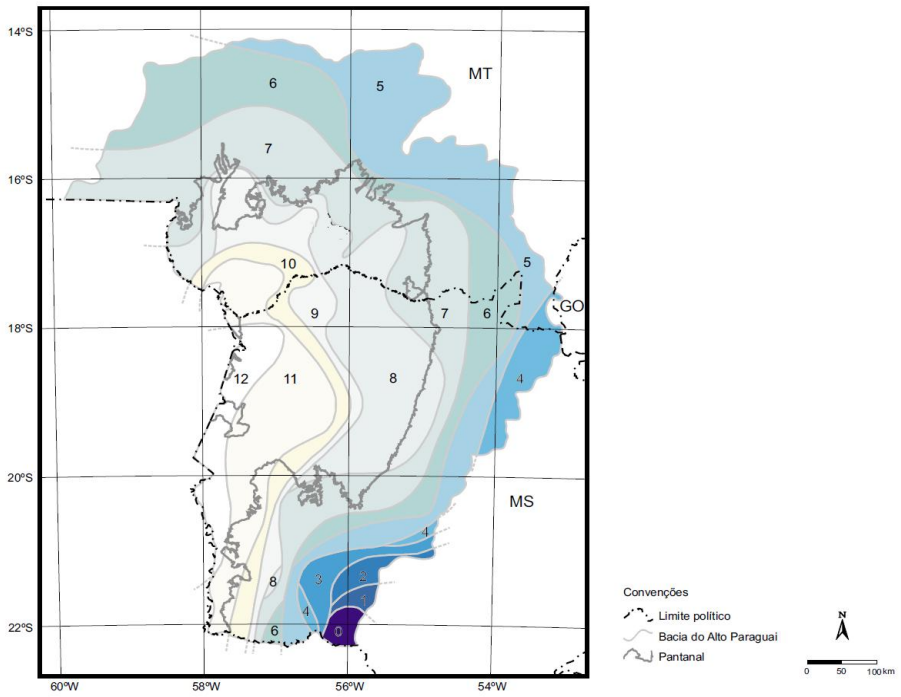


Figura 6. Número de meses com déficit hídrico.

Fonte: ANTUNES (1984).

No período seco a média de dias de chuva é de apenas 4 a 5 dias por mês (PINTO JR; SILVA, 2012), sendo a atuação de frentes frias o principal mecanismo responsável pelas esporádicas precipitações no Pantanal. Essas chuvas frontais são causadas pelo encontro da massa de ar quente tropical vinda de leste com a massa de ar fria polar vinda de sul. Estas são pouco intensas devido a três principais fatores: baixa convergência para a frente, ventos fracos, e pouca umidade específica disponível tanto no ar tropical em ascensão, quanto no ar frio pós-frontal (SERRA; RATISBONNA, 1960).

Monteiro (1963) relata que embora a região Centro-Oeste esteja sob a influência da massa de ar Tropical Atlântica (Ta), de caráter anticiclônico, durante o verão as altas temperaturas tornam instável a camada inferior dessa massa devido ao seu contato com a superfície. Barros (2003) observa que a massa de ar Equatorial Continental (Ec), também durante o verão, é atraída pelos sistemas de depressão presentes no interior do continente, advectando calor e umidade em toda

a região Centro-Oeste, o que inclui o Pantanal (BRASIL, 1974; VALVERDE, 1972; GARCIA, 1984; HUBERT; MENDONÇA, 1990).

A temperatura média anual varia em torno dos 25ºC (POR, 1995), com até 24ºC no sul da região e até 26ºC ao norte, decorrente da variação latitudinal (HASENACK et al., 2003). No verão as médias vão de 26ºC a 29ºC (Fig. 7a), enquanto no inverno ficam entre 20ºC e 23ºC (Fig. 7b). A sazonalidade térmica é caracterizada pela considerável variação das temperaturas mínimas, contrastando com a quase constante média de temperaturas máximas. O sul do Pantanal é a região que apresenta os maiores valores de amplitude térmica média anual, por conta da maior latitude, e portanto maior variação de temperaturas entre o verão e o inverno (HASENACK et al., 2003). Apesar disso toda a planície pantaneira tem amplitude térmica média anual inferior a amplitude térmica média diária, correspondendo ao que é esperado para climas tropicais (HOFMANN, 2008).

Ramos et al. (2009) elaboraram uma revista com mapas e tabelas das normais climatológicas do Brasil no período de 1961 a 1990, e observaram que a cidade de Coxim/MS, situada no leste do Pantanal, apresenta médias mensais de temperatura variando de 20,5ºC em junho a 26,3ºC em outubro. Já a cidade de Cáceres/MT, tem variação de 21,7ºC em julho a 26,9ºC nos meses de outubro e novembro. Com relação às médias de temperatura máxima, Corumbá é que apresenta a maior amplitude mensal dentre as três localidades com dados disponíveis para esta variável, variando de 26,2ºC em junho a 33,1ºC em novembro. Em Coxim onze dos doze meses do ano tiveram média das máximas acima dos 30ºC no período analisado, sendo o maior valor de 33,7ºC em outubro. O único mês abaixo dos 30ºC é junho, com média de 29,5ºC. Cáceres, a mais quente entre as três, em função principalmente da latitude, não possui sequer um mês com média das máximas inferior a 31ºC, sendo junho o mês mais frio, com 31,2ºC e outubro o mais quente com 34,7ºC. Apesar disso a máxima absoluta foi de 41,3ºC em outubro de 1963, ao passo que em Corumbá o valor registrado foi 43,8ºC em novembro de 1962. Coxim teve a sua maior máxima em novembro de 1985 com 39,8ºC.

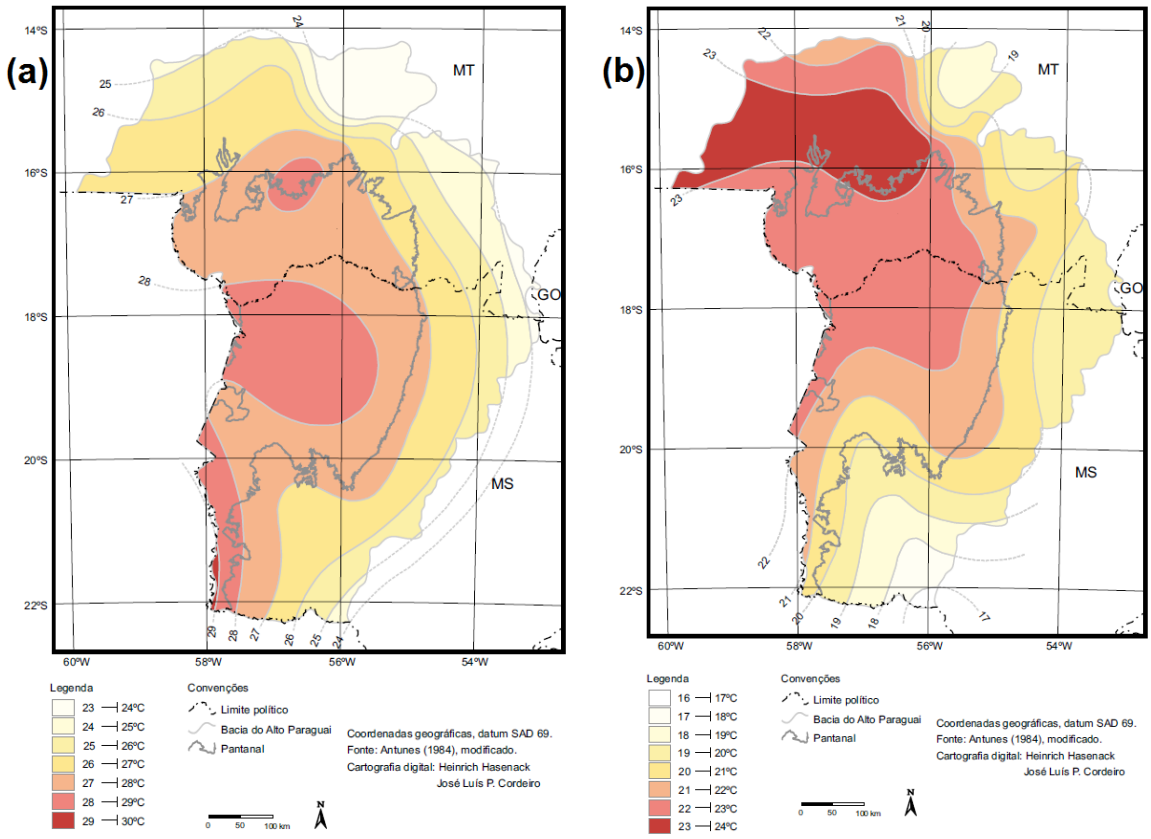


Figura 7. Temperaturas médias nos meses de janeiro (a) e julho (b).

Fonte: ANTUNES (1984).

No que se refere às médias mensais de temperaturas mínimas, Coxim, Aquidauana e Cáceres tem os menores valores no mês de julho, com 14,9ºC, 14,5ºC e 15,5ºC respectivamente. As mínimas absolutas foram expressivas dadas as baixas latitudes, com destaque para a temperatura negativa de -1,4ºC em Coxim em julho de 1975. Aquidauana teve 1,1ºC em agosto de 1966 e Cáceres 1,8ºC em agosto de 1978. A média de insolação total anual variou de 1970 horas em Cáceres até 2540 horas em Corumbá. Em ambas as cidades os meses com mais insolação ocorreram no período de seca, entre maio e setembro, enquanto que os meses de menor insolação ocorreram no período chuvoso, de outubro a abril. A nebulosidade em décimos variou de oito partes em janeiro até três partes em julho na cidade de Coxim. A média da umidade relativa do ar em Aquidauana ficou entre 66% em agosto e 80% em fevereiro. Em Cáceres variou de 71% em setembro a 85% em fevereiro. A média anual de precipitação acumulada foi de apenas 921 mm em Corumbá e 1519 mm em Coxim. O número de dias com precipitação maior que 1

mm em Aquidauana, Cáceres e Coxim foi 76, 96 e 105 dias respectivamente (RAMOS et al., 2009).

O verão é marcado pelo forte calor e elevada umidade relativa do ar, gerando grande desconforto térmico, por isso na região de Corumbá/MS grande parte das atividades comerciais cessam durante os horários mais quentes do dia (PARRA; TROPPMAIR, 2001). Contudo, é no período da primavera, de setembro a dezembro, que são registradas as maiores temperaturas do ano no Pantanal, por vezes superiores a 40ºC (CALHEIROS; FONSECA JR, 1996; FARIAS; CHAN, 2006). Isso porque nesta época do ano os raios solares incidem mais perpendicularmente e ao mesmo tempo ainda não se iniciou a estação chuvosa, responsável por temperaturas um pouco mais amenas (PINTO JR.; SILVA, 2012). O Pantanal é a região mais quente do estado do Mato Grosso do Sul, devido as baixas altitudes e densa rede hidrográfica (PARRA; TROPPPMAIR, 2001).

O inverno é seco e com temperaturas relativamente mais baixas (HUBERT; MENDONÇA, 1990; POR, 1995). As noites são frias, porém as tardes continuam quentes, por conta do ar seco. As temperaturas mínimas são por vezes muito expressivas, porém a média diária sofre efeito das máximas elevadas (VALVERDE, 1972; NIMER, 1989). E apesar de sua tropical posição geográfica, em baixas latitudes, o Pantanal se localiza na Bacia do Rio da Prata, numa região em que os vales convergem em direção ao sul, favorecendo assim, a entrada de massas de ar frio polar (PARRA; TROPPMAIR, 2001).

Estas massas de ar frio de origem polar, que avançam do sul do continente em direção ao Equador, cruzam rapidamente as planícies dos Pampas e Chaco, atingindo o Pantanal (MORAES et al., 2009). Este sistema provoca declínio considerável das temperaturas, ocasionando inclusive formação de geadas, com mínimas próximas de 0ºC (POR, 1995; CALHEIROS; FONSECA JR, 1996; MARTINS et al., 2001; FARIAS; CHAN, 2006). Estas incursões ocorrem frequentemente, porém sua periodicidade e os efeitos que estas causam no Pantanal ainda não foram estudados (HASENACK et al., 2003; MARCUZZO et al., 2010). Embora seja mais comum no período de outono e inverno, também pode ocorrer, de forma mais fraca, na primavera e verão (GRADELLA, 2008).

### 2.3.1. Friagem

O fenômeno do avanço de ar frio em baixas latitudes, como ocorre no Pantanal, é conhecido como friagem (BARROS; BALERO, 2012; SANTOS et al., 2012). Caracterizado pela atuação do anticiclone polar, que atua com maior frequência durante o inverno na região Centro-Oeste, visto que o mesmo consegue transpor a Cordilheira dos Andes nas latitudes médias, após deslocar-se sobre o Oceano Pacífico. Porém por estar em baixas latitudes o anticiclone polar dispõe de pouca energia e por isso seu deslocamento é relativamente lento. Com sua passagem pela região, no sentido sudoeste - nordeste há a ocorrência de chuvas frontais e pós-frontais durante um a três dias. O céu fica então predominantemente encoberto durante a passagem do sistema frontal, com presença de nuvens do tipo estrato e estrato-cúmulos. O céu encoberto, a elevada umidade relativa do ar e a atuação do ar polar são responsáveis pela baixa amplitude térmica diurna. Após a passagem do sistema frontal, a região fica sob a ação do anticiclone polar, que causa diminuição das temperaturas e da umidade específica do ar. O predomínio passa a ser de céu limpo, o que contribui para intensa perda radiativa noturna, responsável pelas baixas temperaturas no início e fim do dia. Essas condições duram em média dois dias, pois a massa de ar frio perde intensidade. E após retorna o predomínio dos ventos mais aquecidos de norte/nordeste, causados pela circulação anticiclônica da Alta Subtropical do Atlântico Sul, que aliada a ausência de nebulosidade, favorecem a elevação das temperaturas (PINTO JR; SILVA, 2012). Devido à escassez de estudos que tratem da friagem no Pantanal, a revisão bibliográfica baseou-se em trabalhos realizados para a região amazônica.

Myers (1964) analisou um evento de precipitação intensa no Planalto das Guianas em julho de 1957. Na ocasião a precipitação ultrapassou os 100 mm em 24 horas, e conforme o autor esse episódio de chuva extrema ocorreu devido ao fluxo de ar frio que atravessou toda a planície da região amazônica em decorrência de uma forte friagem. Este ar frio ao encontrar a barreira das elevadas altitudes do planalto, convergiam, formando intensa convecção. Além disso, o contato do ar mais frio com o ar equatorial que se deslocava de norte, aliado à orografia do local foi responsável pelo elevado volume de chuva.

Brinkmann et al. (1971) observou a temperatura do ar em dois níveis diferentes numa reserva florestal entre as cidades de Itacoatiara e Manaus, no leste

do estado do Amazonas, no período de 3 a 14 de julho de 1969. As medições foram realizadas utilizando-se um termógrafo, e os sensores estavam situados a 30 centímetros e 350 centímetros do solo. Durante o período de 10 a 13 de julho um forte evento de friagem atingiu a região e a temperatura caiu para 15ºC nos dois níveis. Porém no nível inferior a temperatura ficou mais baixa por um período de tempo maior.

Brinkmann e Goes Ribeiro (1972) observaram a temperatura do ar em duas torres improvisadas com oito diferentes níveis para medição, variando de 10 centímetros a 900 centímetros de altura em relação ao solo, durante um forte evento de friagem em 10 de julho de 1969. As observações foram realizadas na Reserva Florestal de Ducke, entre as cidades de Manaus e Itacoatiara. A temperatura mínima observada foi de 11,0ºC, valor considerado excepcional para a Amazônia Central e equivalente a uma anomalia negativa de 12ºC em relação à média de mínimas para o mês de Julho na região de Manaus, que é de 23ºC. Em relação à média anual de mínimas, 27ºC, a mínima do dia 10 de julho teve anomalia negativa de 16ºC. Os autores citam ainda que a média de friagens na Amazônia Central é de 2 a 3 friagens por ano, que mantém as temperaturas de 6ºC a 12ºC mais baixas que o normal por um período de 20 a 30 horas. E, essas variações de temperatura tem notável influência na fauna e flora da reserva florestal estudada.

Parmenter (1976) estudou um intenso evento de incursão de ar frio em regiões tropicais e subtropicais da América do Sul em julho de 1975, responsável por temperaturas extremamente baixas e ocorrência de geadas. O autor constatou que o anticiclone polar modificou a estrutura dinâmica de quase toda a atmosfera sul-americana, substituindo inclusive a típica cobertura cumuliformes do norte amazônico por uma camada de nuvens estratificadas. Além disso, o evento inibiu a atividade convectiva por quase uma semana na região central do Brasil, e ocasionou formação de nevoeiro em grande parte da região setentrional da América do Sul, onde o fenômeno é incomum.

Hamilton e Tarifa (1978) analisaram os aspectos sinóticos de uma intensa friagem ocorrida em julho de 1972. Eles concluíram que, embora a incursão de ar frio na região tropical da América do Sul seja relativamente comum, eventos de forte intensidade são raros. Estes episódios rigorosos dependem da formação de uma ciclogênese próxima à fronteira norte de uma intensa massa de ar frio, que ainda

receba ar de latitudes altas, mas que tenha sido recentemente deslocado ao norte de 35ºS.

Fortune (1982) através da análise de imagens de satélite do canal infra-vermelho, constatou a ocorrência de fortes geadas associadas à temperaturas negativas em grande parte do centro-sul do país, com destaque para os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, inclusive na região do Pantanal. E neste caso o fator sinótico de maior destaque não foi uma frente fria, mas sim um vórtice frio "desprendido" no ar superior.

Fisch (1996), estudando a Camada Limite Planetária na Amazônia, observou por meio de uma estatística simples com os dados de temperatura média do ar, que a ocorrência de friagens em Ji-Paraná/RO entre maio e agosto é de sete eventos. O período de abordado foi de 1992 a 1993. Durante um evento de friagem de intensidade moderada no inverno de 1993, o autor constatou que a camada limite planetária tornou-se mais estável e menos espessa na presença do fenômeno. A direção do vento mudou de norte para sul, e o fluxo de calor sensível sofreu decréscimo na entrada do sistema devido ao céu encoberto, retornando posteriormente aos patamares anteriores. E as observações realizadas neste caso mostraram que o evento de friagem não modificou significativamente a atmosfera acima de 2-3 km.

Marengo et al. (1997a) constataram que um evento de friagem em junho de 1994, influenciou de forma mais direta as estações localizadas no sudoeste da Amazônia, próxima da Cordilheira dos Andes, com pronunciada queda de temperatura e também dos valores de umidade específica. O vento também teve notória mudança, de norte para sul. Já nas estações do centro e leste da Amazônia, os efeitos foram pouco perceptíveis em todas as três variáveis citadas acima. Os mesmos autores observaram também que a friagem afeta tanto as áreas de floresta quanto as áreas de pastagens. Porém nesta primeira, apesar da temperatura média ser sensivelmente mais baixa, em ocasiões de advecção de ar frio e seco a temperatura mantem-se mais elevada do que em áreas de pastagens. Isso porque em áreas florestadas a perda radiativa noturna é menos intensa.

Marengo et al. (1997b) ao estudarem incursões de ar frio nas regiões tropicais e extratropicais da América do Sul, concluíram que quedas bruscas nos valores de temperatura no oeste e sul da Amazônia estão relacionadas a atuação de um anticiclone de núcleo frio que avança do Oceano Pacífico Oriental em direção ao

centro da América do Sul, cruzando a Cordilheira dos Andes. Este anticiclone move-se então em direção ao norte, ao largo da borda oriental da cordilheira. Quando este anticiclone atinge o sudeste brasileiro, prenuncia sua chegada ao norte do país 24h depois. Dados meteorológicos de superfície mostraram que embora o ar frio tenha atingido localidades ao norte da Linha do Equador no setor ocidental da Amazônia, o mesmo não foi registrado na porção oriental. Os mesmos autores sugerem ainda que o efeito do represamento do ar frio na borda oriental da cadeia de montanhas seria um dos fatores fundamentais que possibilita a incursão de ar frio em latitudes equatoriais, como ocorre em outras regiões do globo.

Garreaud (2000) através de reanálises do NCEP-NCAR (*National Center for Environmental Prediction – National Center for Atmosphere Research)* detectou a ocorrência de 145 eventos de friagem no inverno (de maio a setembro) no período de 1979 a 1995. No verão o mesmo autor constatou a ocorrência de 132 eventos. Para detectar estes eventos o autor utilizou primeiramente dados de tendência de pressão ao nível do mar. Selecionaram-se os períodos que apresentaram valores maiores que o limiar de 10% da frequência sazonal de tendência de pressão. E pra se certificar de que a tendência de aumento de pressão estava a associada a passagem de um forte anticiclone polar, o autor manteve apenas os episódios com pressão ao nível do mar superior a 1020 hPa no inverno e 1015 hPa no verão, posterior ao súbito aumento de tendência.

Longo e Dias (2004), utilizando dados de METAR (*Meteorological Aerodrome Report*) de oito localidades espalhadas ao longo do território brasileiro e também de estações meteorológicas em duas localidades do estado de Rondônia, analisou as características dinâmicas e sinóticas durante um evento de friagem no sudoeste da Amazônia. Os autores constataram que as estações mais a sudoeste é que sofreram os maiores impactos nas variáveis meteorológicas utilizadas, que neste estudo se concentrou na temperatura, umidade específica, pressão, direção do vento e radiação solar. Relatam ainda que a intrusão de ar frio e seco é a principal causa da variação de temperatura e da circulação de escala sinótica em regiões tropicais e subtropicais e por vezes a área de alta pressão responsável pela friagem é intensa o bastante para que sua influência rompa as fronteiras da Linha do Equador.

Oliveira et al. (2004) estudaram a influência de uma friagem ocorrida em junho de 2001 nos fluxos de energia e carbono no sul de Rondônia, e concluíram

que ela é responsável pela queda de 7,03 $MJ.dia^{-1}$ no saldo de radiação. O fluxo de calor sensível reduziu 1,73 $MJ.dia^{-1}$ e o fluxo de calor latente teve uma redução de 4,17 $MJ.dia^{-1}$. Com relação ao fluxo de carbono os autores constataram que o fluxo médio diário se elevou de 0,33 $mmolCO_2m^{-2}s^{-1}$ em dias normais, para 1,48 $mmolCO_2m^{-2}s^{-1}$ em dias com evento de friagem. Estas variações tendem a reduzir os valores dos elementos climáticos, especialmente a temperatura do ar.

Vilhena et al. (2008) utilizando dados de reanálises do NCEP/NCAR, simularam numericamente através do BRAMS (*Brazilian Developments on the Regional Atmospheric Modeling System*) um evento de friagem ocorrido no mês de maio de 2007 em Rondônia, na Amazônia Ocidental. Os autores observaram a estrutura atmosférica por meio de parâmetros termodinâmicos, tais como: razão de mistura, temperatura potencial e vetor vento. Foram selecionados dois pontos para a análise dos dados gerados, um próximo a Porto Velho, no norte do estado de Rondônia e outro próximo a Vilhena, no sul do estado. Com a simulação foi possível detectar o período em que a massa de ar frio e seco esteve atuando na região. As principais alterações dos parâmetros termodinâmicos ocorreram na Camada Limite Planetária (CLP). Além disso, as variáveis sofreram maior alteração na cidade de Vilhena quando comparada a Porto Velho, o que é explicado pela posição geográfica da mesma.

Seluchi (2009) relata um padrão sinótico bem definido para a ocorrência de friagens, com a presença de um profundo cavado sobre o Oceano Atlântico com um eixo de crista nos níveis médios e altos sobre o Oceano Pacífico, determinando em superfície a presença de um anticiclone migratório frio na região centro-sul da América do Sul. Esta configuração favorece ainda a formação de um ciclone extratropical em latitudes subtropicais sobre o Oceano Atlântico. O autor menciona ainda, que a Cordilheira dos Andes contribui fortemente para a ocorrência de friagens no Brasil, uma vez que a cadeia de montanhas é responsável pela canalização do fluxo meridional, associado à passagem de sistemas frontais, favorecendo assim o deslocamento das frentes frias a leste dos Andes.

## Metodologia

Neste estudo foram utilizados dados meteorológicos de oito estações meteorológicas automáticas e convencionais pertencentes ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) no período de 01/01/2007 a 31/12/2012. Todas elas estão localizadas dentro da região do Pantanal ou em seu entorno, numa distância máxima de 40 km dos limites da planície, nos estados de Mato Grosso (MT) e Mato Grosso do Sul (MS). A localização destas estações pode ser observada na Fig. 8 e tab. 1.

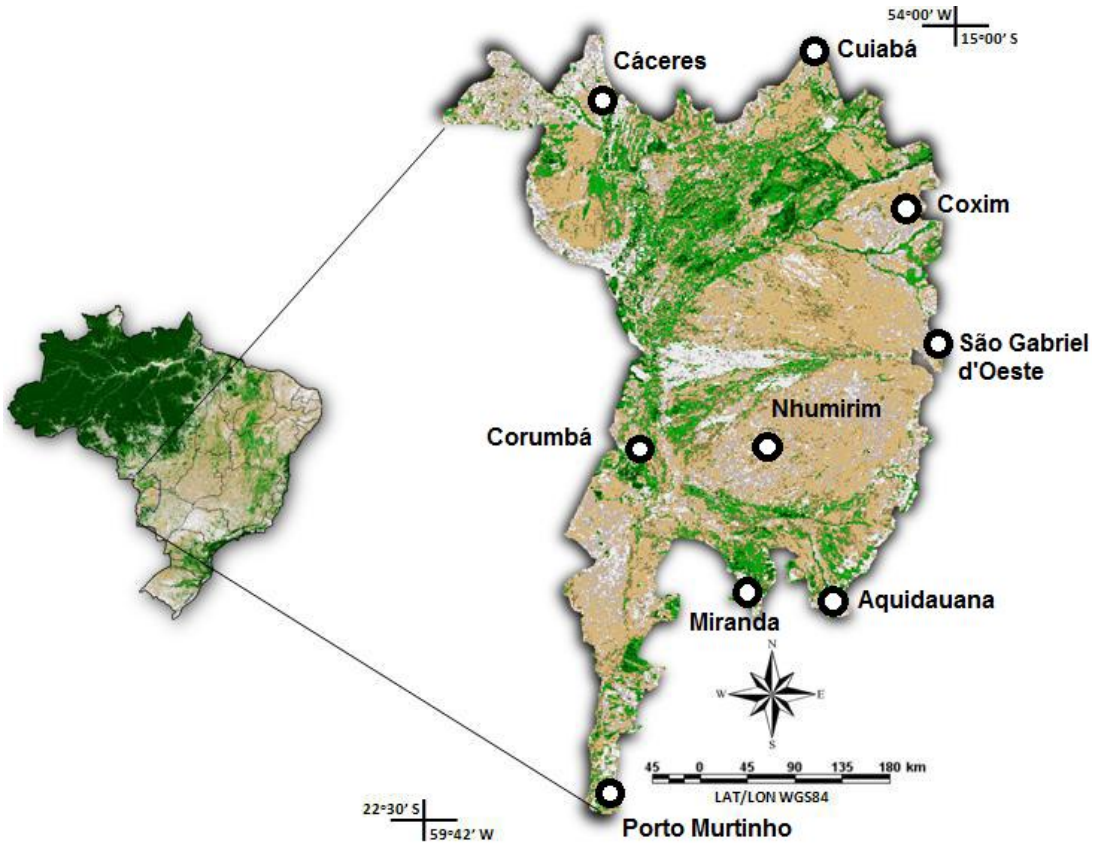


Figura 8. Localização das estações automáticas do INMET utilizadas no estudo.

Fonte: Adaptado de PEREIRA et al. (2010).

Tabela 1. Estações meteorológicas utilizadas no estudo.

| Estações | Latitude | Longitude | Altitude (m) | Tipo da estação |
|---|---|---|---|---|
| Aquidauana - MS | -20,47º | -55,78º | 155 | Automática |
| Cáceres - MT | -16,05º | -57,68º | 118 | Convencional |
| Corumbá - MS | -19,01º | -57,65º | 130 | Convencional |
| Coxim - MS | -18,30º | -54,44º | 252 | Automática |
| Cuiabá- MT | -15,56º | -56,06º | 240 | Automática |
| Miranda - MS | -20,40º | -56,43º | 140 | Automática |
| Nhumirim - MS | -18,98º | -56,65º | 89 | Convencional |
| Porto Murtinho - MS | -21,70º | -57,55º | 85 | Automática |
| São Gabriel d'Oeste - MS | -19,42º | -54,55º | 647 | Automática |

A expectativa inicial era realizar o estudo utilizando as oito estações meteorológicas automáticas e convencionais que estão localizadas na região do Pantanal. Entretanto, devido a longas falhas na série temporal dos dados, o que comprometeria os resultados, optou-se em utilizar apenas as estações com dados contínuos no período abordado no estudo, resultando nas estações de Aquidauana e Coxim.

Os seguintes parâmetros foram utilizados: temperatura do ar mínima, média e máxima diária (em graus Celsius) e precipitação diária (em milímetros). Estes dados encontram-se disponíveis no portal do BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa), no site do INMET (INMET, 2014).

Para a identificação dos períodos de friagem foi utilizado o boletim mensal Climanálise, disponível no site do CPTEC/INPE (http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/). Foram analisados todos os boletins mensais de janeiro de 2007 a dezembro de 2012. O capítulo utilizado foi o referente às Perturbações Atmosféricas sobre o Brasil, na seção Sistemas Frontais e Frontogênese, que se encontra em todos os volumes da revista. Nesta seção é possível observar uma imagem descritiva das passagens de sistemas frontais pela América do Sul, discriminada em três diferentes seções longitudinais (Fig. 9).

Figura 9. Imagem descritiva das seções latitudinais com os pontos utilizados pelo boletim Climanálise na identificação dos sistemas frontais. A linha verde representa a primeira seção (Litoral), a linha amarela representa a segunda seção (Interior) e a linha vermelha representa a terceira seção (Central).

Fonte: Adaptado de GOOGLE EARTH (2014).

Cada uma destas seções corresponde a uma linha imaginária, que se estende latitudinalmente, contendo pontos como locais padrões para a verificação da passagem de sistemas frontais. A primeira seção tangencia o litoral, se iniciando em Bahia Blanca/Argentina e finalizando em Ceará-Mirim/RN. A segunda seção corresponde à região que tem inicio em Buenos Aires, passa pelo centro do sul do Brasil, interior paulista e oeste da região Nordeste, encerrando em Parnaíba/PI. A terceira seção (Fig. 10), utilizada para este estudo, corresponde à região que se inicia em Rosário/Argentina, se estende pelo oeste das regiões Sul e Centro-Oeste e termina em Boa Vista/RR.

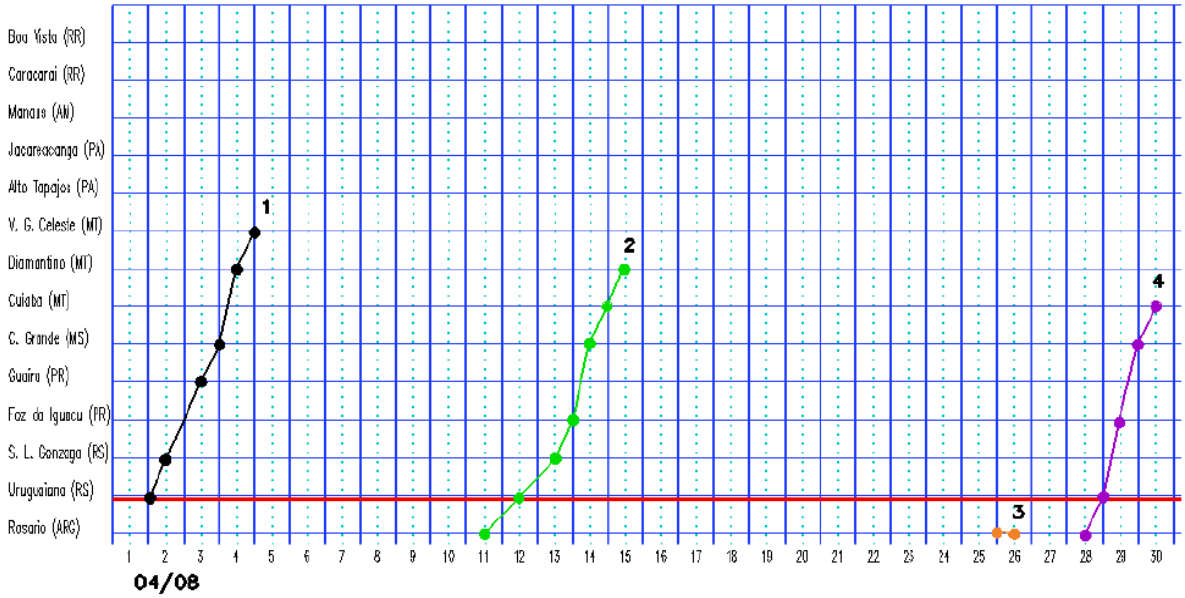


Figura 10. Exemplo da plotagem de sistemas frontais na terceira seção (Central) do boletim Climanálise para o mês de abril de 2008.

Fonte: CLIMANÁLISE (2014).

Um dos locais padrões desta seção é a cidade de Cuiabá/MT. A cidade está localizada no nordeste do Pantanal, e, portanto todo sistema frontal que passa por Cuiabá, necessariamente precisa ter atravessado todo o Pantanal, uma vez que as frentes frias no Hemisfério Sul avançam no sentido Sudoeste-Nordeste. Por este motivo a cidade foi eleita para a seleção de episódios de friagem.

Consideraram-se então como eventos de friagem todos os eventos de sistemas frontais que chegaram à Cuiabá. O dia da passagem do sistema foi considerado como o primeiro dia do evento de friagem. Para o cálculo da duração destes episódios, foi considerado como último dia de friagem o último dia com temperatura abaixo da média para o mês correspondente, após a passagem do sistema. Após a seleção destes episódios, os mesmos foram contabilizados e foi realizado o estudo da distribuição mensal e anual.

Os dados de temperatura e precipitação foram organizados em planilha eletrônica, para a elaboração de tabelas com os dias em que ocorreu friagem. Cada um destes dias foi listado com os respectivos valores de temperaturas mínima, média e máxima, e a precipitação diária. Para a análise da distribuição mensal/anual estes dados foram agrupados em meses/anos distintos, permitindo a contabilização dos totais mensais/anuais.

Foi calculada a média de todas as variáveis utilizadas neste estudo entre o período de 2007 e 2012 para possibilitar a comparação entre a média das variáveis no período abordado, e os valores registrados durante a atuação do fenômeno da friagem.

Para a análise das temperaturas mínimas absolutas, foram selecionados os menores valores de temperatura mínima em cada evento de friagem, e posteriormente estes valores foram separados de acordo com o mês de ocorrência (para a análise mensal) e de acordo com o ano de ocorrência (para a análise anual).

Para a análise da variação de temperatura do ar de acordo com a evolução temporal da friagem, os dados foram organizados numa sequência diária para cada evento de friagem, possibilitando o cálculo dos valores médios de temperaturas mínimas, médias e máximas para cada correspondente dia.

Os dados de precipitação foram também organizados em sequência diária para a análise da variação temporal nos eventos de friagem. Foram contabilizados os dias em que houve precipitação, bem como o acumulado diário. Estes valores foram comparados às médias no período de 2007 a 2012 para avaliar a contribuição da friagem na precipitação total em cada mês.

## Resultados e Discussões

### 4.1. Médias de temperaturas e precipitação entre 2007 e 2012

A distribuição mensal das médias de temperaturas mínimas, médias e máximas, e da precipitação em Aquidauana e Coxim é apresentada na Fig. 11. Observa-se que as temperaturas médias são elevadas em ambas as cidades, condizente com o descrito pela literatura no que tange à climatologia da região (RAMOS et al, 2009; PARRA; TROPPMAIR, 2001). Entre os meses de novembro a abril as temperaturas médias ficaram sensivelmente mais baixas em Coxim em relação à Aquidauana, e o oposto ocorreu entre os meses de maio a outubro. Portanto, em Aquidauana a variação de temperaturas é maior do que em Coxim, evidenciando o efeito da latitude sobre a amplitude térmica mensal (HASENACK et al., 2003), ainda que a diferença latitudinal entre as duas localidades seja pequena.

As médias de temperaturas mínimas foram bastante parecidas durante todos os meses nas duas cidades, sendo esta a variável de menor diferença entre os dois locais (Fig. 11). Entretanto, as médias de temperaturas máximas apresentaram diferenças consideráveis. No mês de julho, a média de temperaturas máximas registrada em Aquidauana foi de 29,2ºC, ao passo que em Coxim esta média foi de 31,2ºC (Fig. 11). Esta diferença pode ser explicada pela localização mais setentrional de Coxim, o que sujeita a cidade a uma seca mais severa do que em Aquidauana. E com o ar mais seco, as temperaturas máximas tendem a serem maiores (HASENACK et al., 2003; GARCIA, 1984).

As precipitações médias mensais também acompanharam o padrão típico da climatologia regional, com maiores acumulados de outubro a março (estação chuvosa) e os menores valores de abril a setembro (estação seca) (Fig. 11). As cidades se intercalaram no posto de maior acumulado médio mensal de precipitação

entre os meses de novembro a abril, porém, entre maio e outubro a precipitação foi visivelmente maior em Aquidauana (Fig. 11). A explicação, novamente, pode estar na diferença de latitudes entre as duas cidades, o que confere a Aquidauana, que se localiza mais a sul, um inverno com precipitação menos escassa em relação a cidades localizadas mais a norte (GARCIA, 1984).

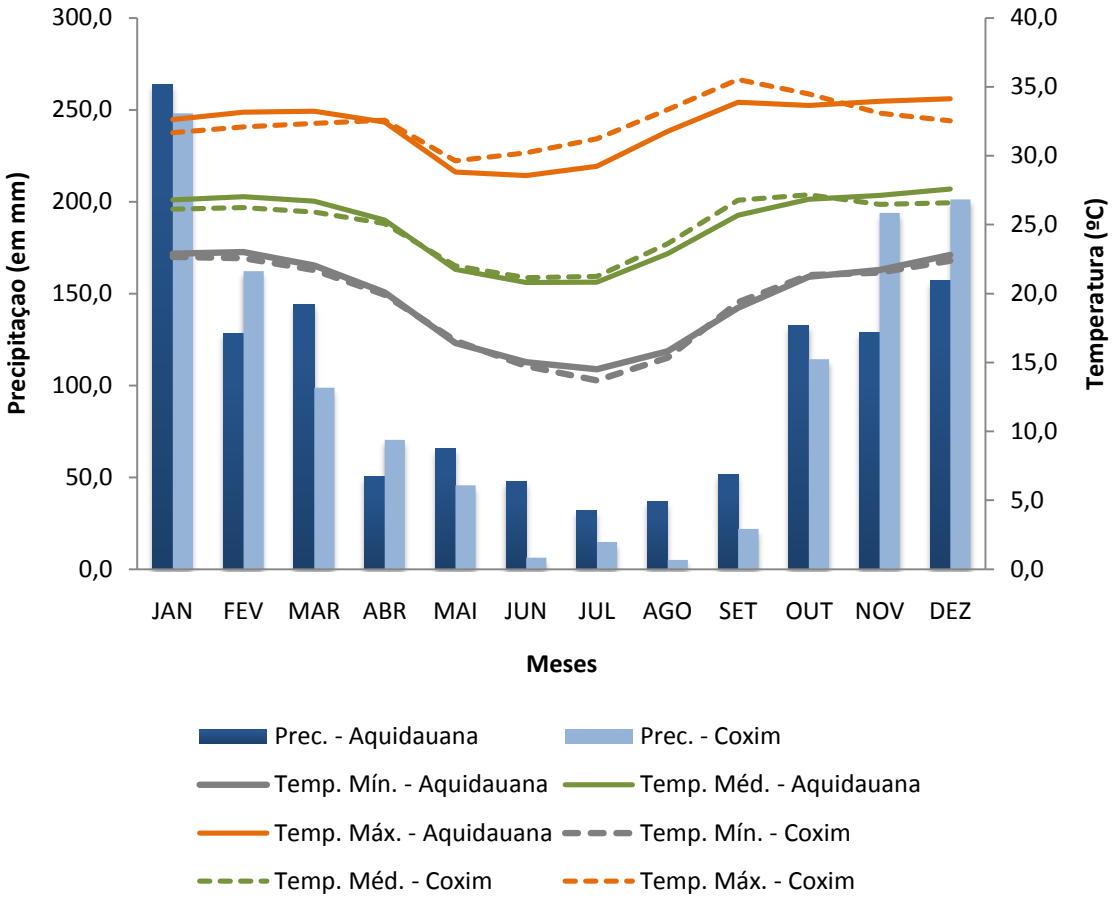


Figura 11. Distribuição mensal das médias de temperaturas mínimas, médias e máximas, e da precipitação em Aquidauana e Coxim para o período de 2007 a 2012.

### 4.2. Distribuições mensais e anuais e duração das friagens

Pela distribuição mensal dos eventos de friagens no período de 2007 a 2012 (Fig. 12), observa-se que nos meses de janeiro e fevereiro não foi caracterizado nenhum evento de friagem. Entre abril e setembro, meses mais frios na região, ocorreu a maior frequência dos eventos, acumulando 55 friagens em um total de 60 abordados neste estudo, o equivalente a 92% de todos os casos. Os meses de

maior frequência foram maio e agosto, com 11 eventos cada. Este resultado coincide com o observado por Gan e Rao (1991), que elaboraram uma climatologia das ciclogêneses no sul da América do Sul e observaram que maio foi o mês de maior ocorrência. A ciclogênese nesta região é um dos mecanismos que impulsionam as massas de ar frio continente adentro provocando a friagem (SELUCHI, 2009).

Esta distribuição mensal dos eventos de friagens assemelha-se ao verificado em um estudo realizado por Garreaud (2000) para a região Amazônica entre os anos de 1979 e 1995, onde o período de abril a setembro foi também o de maior frequência destes eventos.

Este comportamento pode ser justificado quando se analisa o trabalho de Cavalcanti e Kousky (2009) que, utilizando uma metodologia objetiva que se baseava em dados de temperatura, pressão e ventos em 925 hPa para a detecção de sistemas frontais sobre toda a América do Sul entre 1979 e 2005, observaram que o período de maior ocorrência de frentes frias sobre o Pantanal se estendia de maio a setembro. Entretanto, julho foi o mês com a maior frequência. Janeiro e fevereiro foram os meses com menor incidência de frentes frias, com uma média inferior a 0,5 frentes frias mensais.

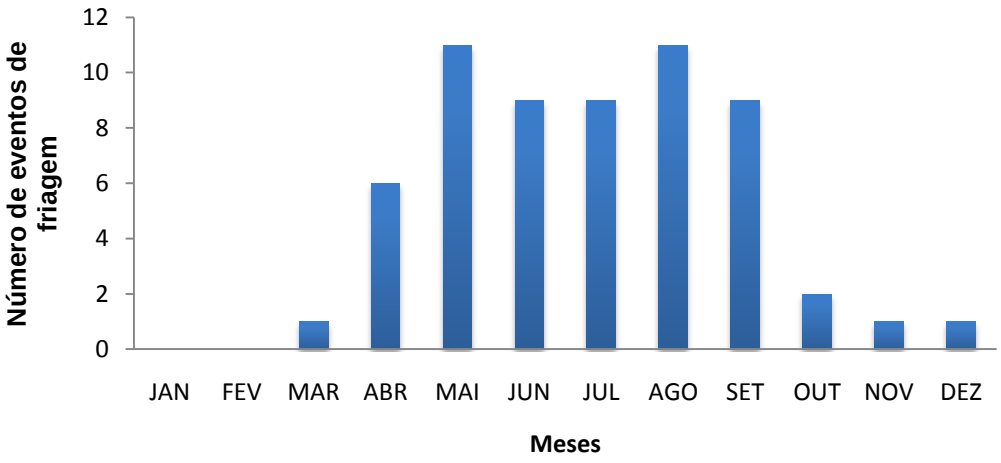


Figura 12. Distribuição mensal dos eventos de friagens para a região do Pantanal entre os anos de 2007 e 2012.

A distribuição anual dos eventos de friagens para o período entre 2007 e 2012 (Fig. 13) é aproximadamente uniforme para todos os anos. É possível observar que o ano de 2010 apresentou o maior número de casos, com 12 no total. Os anos de 2011 e 2012 foram os anos de menor frequência, com oito eventos cada.

Considerando-se os 60 eventos observados nos seis anos de estudo, obteve-se uma média de 10 friagens.ano$^{-1}$ neste período, valor um pouco superior aos 8,5 friagens.ano$^{-1}$ observado por Garreaud (2000) para a região amazônica no período de 1979 a 1995 (16 anos), e bem inferior ao intervalo de 15 a 20 friagens.ano$^{-1}$ indicado por Cavalcanti e Kousky (2009) para a região do Pantanal no período de 1979 a 2005 (26 anos).

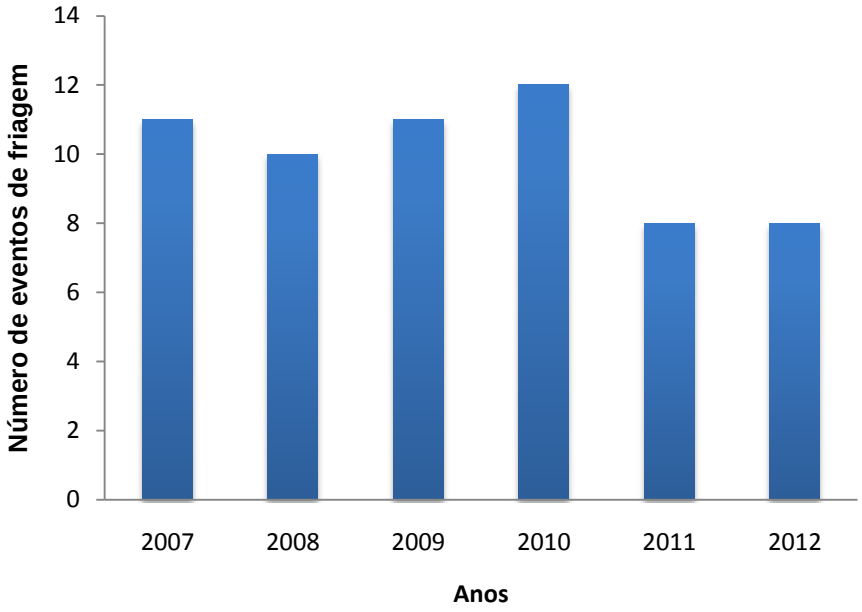


Figura 13. Distribuição anual dos eventos de friagens para a região do Pantanal entre os anos de 2007 e 2012.

Uma vez identificada a frequência anual e mensal dos eventos de friagem, analisou-se a média de dias que estiveram sob o efeito de friagem em cada mês em Aquidauana e Coxim (Fig. 14). Observa-se que os meses de maio a setembro concentraram a maior parte destes dias. Em Aquidauana estes cinco meses concentraram 85% do total médio de dias sob o efeito de friagem, e em Coxim 87%. Maio e agosto foram os meses com o maior número de dias com friagem. No total anual, Aquidauana apresentou uma média de 49,7 dias.ano$^{-1}$ com friagem, enquanto em Coxim este valor foi de 44,8 dias.ano$^{-1}$, evidenciando mais uma vez o efeito da latitude, que diminui a duração da friagem em latitudes mais baixas.

Pode-se observar que existe uma diferença em relação ao número de dias por mês entre Aquidauana e Coxim, sendo a primeira cidade a que apresentou os maior número de dias sob o efeito de friagem. A diferença foi maior em junho, quando Aquidauana obteve uma média de 7,8 dias.mês$^{-1}$ e Coxim 6,8 dias.mês$^{-1}$.

Nos meses de novembro e dezembro as médias foram iguais para as duas cidades, ambas com valores inferiores a 1 dias.mês$^{-1}$, o que pode ser explicado pela debilidade com que os sistemas frontais atingem as baixas latitudes nos meses mais quentes do ano (NIMER, 1989).

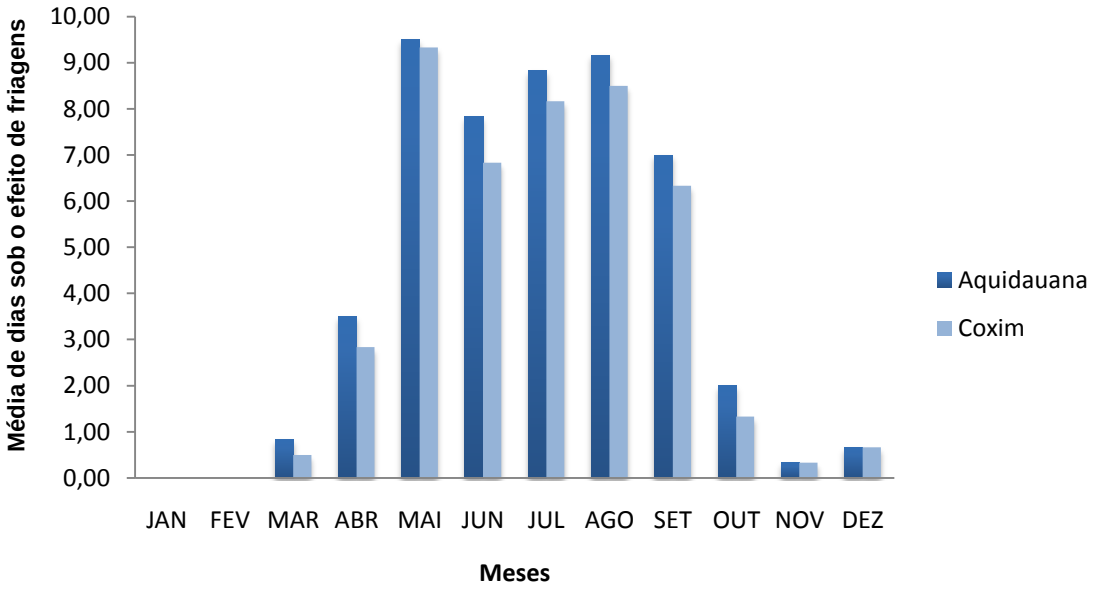


Figura 14. Distribuição mensal da média de dias sob o efeito de friagens para Aquidauana e Coxim no período de 2007 a 2012.

A distribuição anual de dias com friagem em Aquidauana e Coxim para o período de 2007 a 2012 é mostrada na Fig. 15. O ano de 2010, que registrou o maior número de eventos de friagem (Fig. 13), foi também o ano com o maior número de dias sob o efeito do fenômeno (Fig. 15) para as duas cidades. Em Aquidauana, o ano com o menor número de dias com friagem foi 2011, com um total de 41 dias na presença do evento. Em Coxim, 2011 e 2012, com 37 e 38 dias com friagem, respectivamente, foram os anos que apresentaram os menores valores de dias sob o efeito do fenômeno.

O total de dias sob o efeito de friagens para os seis anos considerados no estudo foi de 298 para Aquidauana e 269 para Coxim. Com um total de 60 eventos de friagem, o resultado é uma média de duração de 5,0 dias para cada evento de friagem para Aquidauana e 4,5 dias para Coxim. A literatura não aponta valores médios para a duração de uma friagem, porém alguns autores estimam entre 2 a 5 dias a duração média de uma friagem para a Amazônia (NIMER, 1989; PINTO JR; SILVA, 2012).

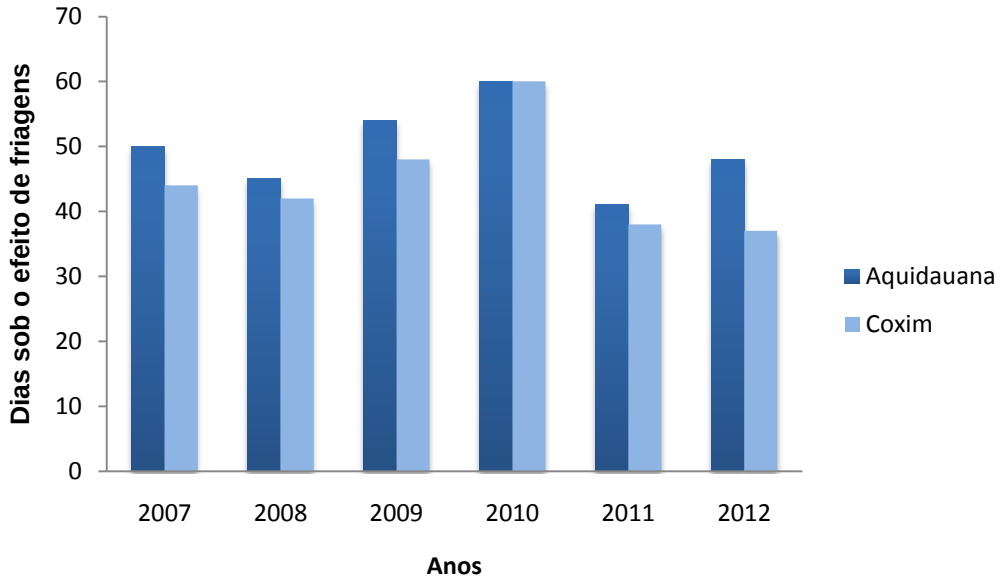


Figura 15. Distribuição anual do total de dias sob o efeito de friagens para Aquidauana e Coxim no período de 2007 a 2012.

### 4.3. Temperatura do ar durante eventos de friagem

A variação diária média em relação ao dia anterior para as temperaturas mínimas, médias e máximas (Fig. 16) registradas em Aquidauana (Fig. 16a) e Coxim (Fig. 16b) nos 60 eventos de friagem abordados neste estudo, apresenta o mesmo padrão de variação. No primeiro dia de friagem (t) a temperatura máxima é a variável com o maior valor de queda, superior a 6ºC nos dois locais. A temperatura mínima é a variável com o menor valor de queda. Em Aquidauana a variação negativa da temperatura mínima no primeiro dia de friagem é maior em relação à Coxim.

No segundo dia (t+1), as variações das temperaturas mínimas, médias e máximas são semelhantes, tendo uma variação aproximada de - 2ºC em relação ao dia anterior nas duas cidades. Apenas os primeiros e segundos dias de friagem apresentaram queda nas três variáveis de temperatura, condizente com o apresentado por Pinto Jr. e Silva (2012), que relatam uma média de dois dias com queda nas temperaturas em decorrência da friagem. Este período, caracterizado pela advecção de ar frio das altas latitudes para as latitudes mais baixas, é interrompido pela ação da ASAS, que induz ventos secos e quentes de nordeste sobre o Pantanal, favorecendo a elevação das temperaturas e diminuição da umidade relativa do ar. Estes fatores podem explicar a súbita e considerável

elevação das temperaturas máximas a partir do terceiro dia (t+2) nas duas cidades. As temperaturas mínimas entretanto, continuam em queda, entrando em elevação apenas a partir do quinto dia (t+4) em Aquidauana. Este padrão é típico de situações com ar seco, quando as mínimas tendem a ser mais baixas e as máximas elevadas.

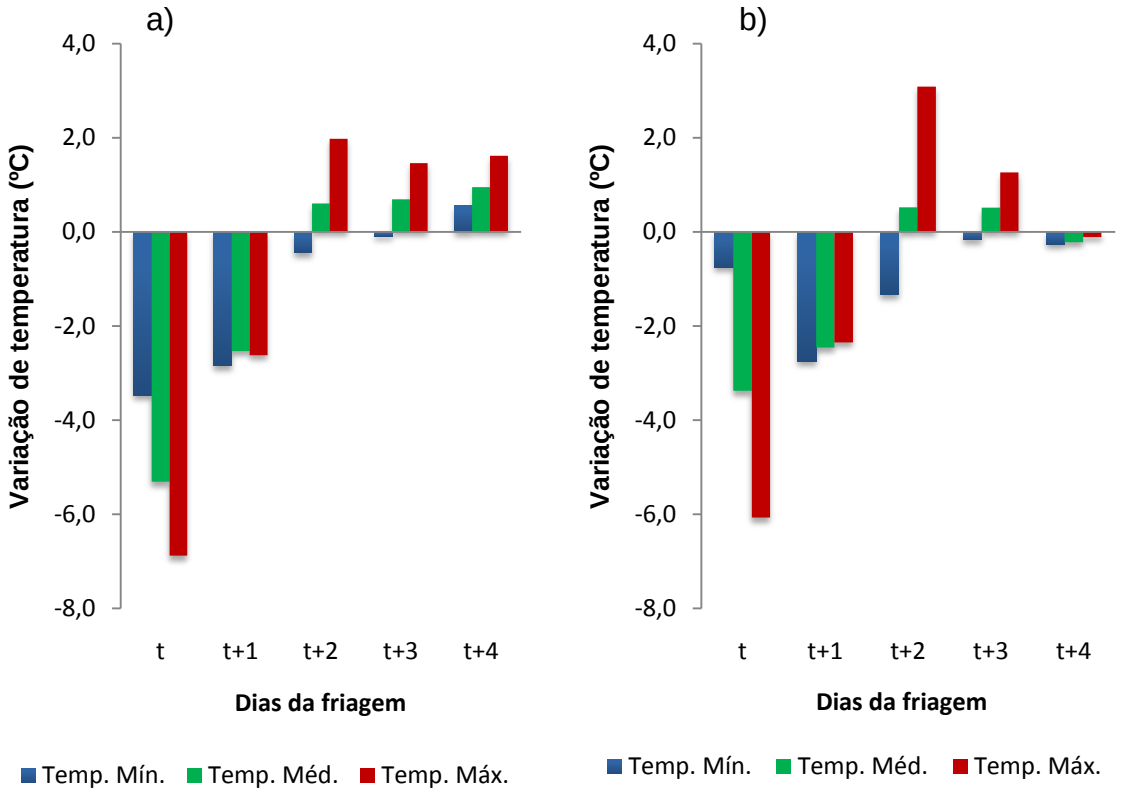


Figura 16. Evolução temporal da média das variações de temperaturas mínimas, médias e máximas em eventos de friagem em relação ao dia anterior para a) Aquidauana e b) Coxim.

A evolução temporal da média de temperaturas mínimas, médias e máximas é apresentada na Fig. 17. Em Aquidauana no dia anterior a friagem (t-1) as temperaturas se apresentaram em média bastante elevadas, com mínimas pouco abaixo de 20ºC e máxima superior a 30ºC. Logo no primeiro dia de friagem (t) a mínima cai para 15ºC e a máxima para 25ºC. No segundo dia (t+1) a mínima cai para 13ºC e a máxima para 23ºC em média. A partir do terceiro dia (t+2) as mínimas permanecem aproximadamente constantes em 13ºC, e as máximas entram em elevação, atingindo 28ºC no quinto dia (t+4).

Em Coxim (Fig. 18) as temperaturas se mostraram nitidamente mais elevadas. No dia anterior a friagem as temperaturas mínimas típicas ficaram levemente abaixo dos 20ºC, com máxima de 33ºC. No primeiro dia de friagem a

mínima cai em média para 18ºC e a máxima para 27ºC. No segundo dia os valores típicos foram de 15ºC para as temperaturas mínimas e 25ºC para as temperaturas máximas. A partir do terceiro dia as mínimas caíram gradualmente de 14ºC para 13ºC, e as máximas se elevaram para 29ºC.

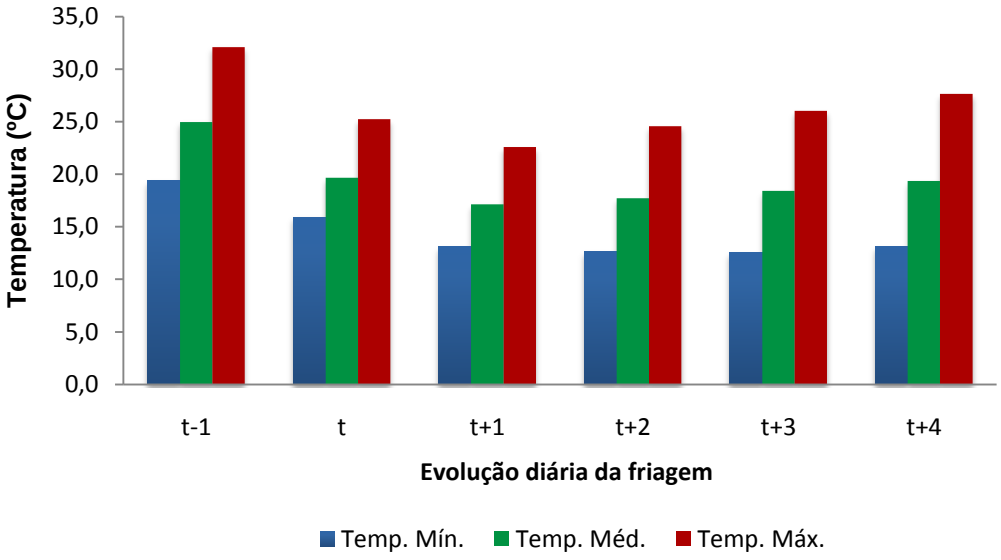


Figura 17. Evolução diária das médias de temperaturas mínimas, médias e máximas em eventos de friagem para a cidade de Aquidauana no período de 2007 a 2012.

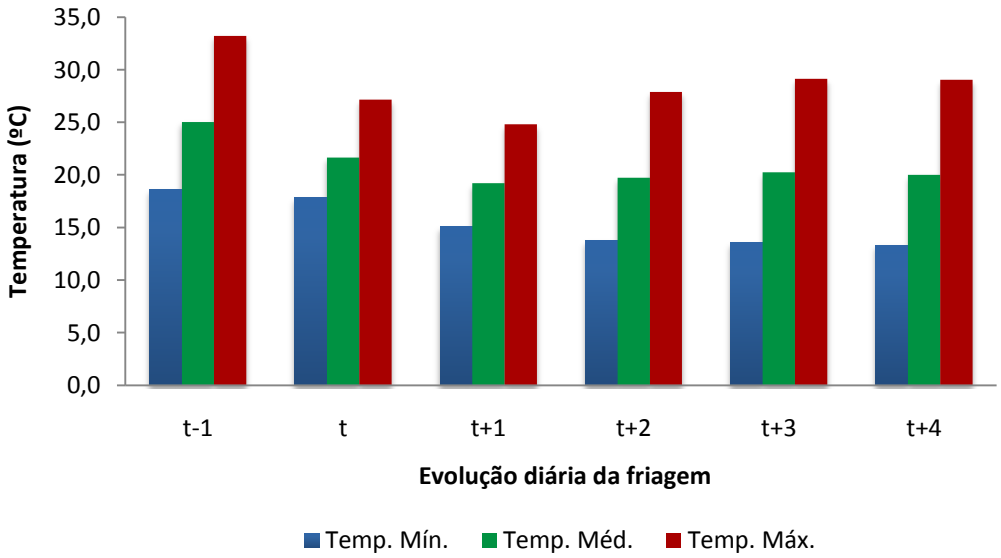


Figura 18. Evolução diária das médias de temperaturas mínimas, médias e máximas em eventos de friagem para a cidade de Coxim no período de 2007 a 2012.

### 4.3.1. Análise das temperaturas mínimas

A distribuição das temperaturas mínimas absolutas registradas durante as friagens entre os anos de 2007 e 2012 (Fig. 19) para Aquidauana e Coxim mostra que em todos os anos houve ao menos uma friagem com intensidade forte o suficiente para provocar temperaturas mínimas abaixo dos 10ºC. Em 2008 foram registradas temperaturas mínimas absolutas mais elevadas tanto em Aquidauana, quanto em Coxim em relação aos outros anos. Salienta-se que os anos de 2011 e 2012, que foram os que registraram a menor frequência de eventos de friagem (Fig. 13), registraram as menores temperaturas mínimas absolutas. Por isso pode-se deduzir que os anos com maior frequência de friagens, não necessariamente apresentam os eventos mais intensos. Em Aquidauana o menor valor foi de 4,2ºC em 2011 e 2012 e, em Coxim o menor valor foi de 5,0ºC em 2012.

Nota-se ainda que não houve o predomínio de uma cidade que registrasse os menores valores de temperatura mínima absoluta. Pois, em 2007, 2011 e 2012 Aquidauana registrou os menores valores, ao passo que de 2008 a 2010 Coxim é que marcou as menores temperaturas.

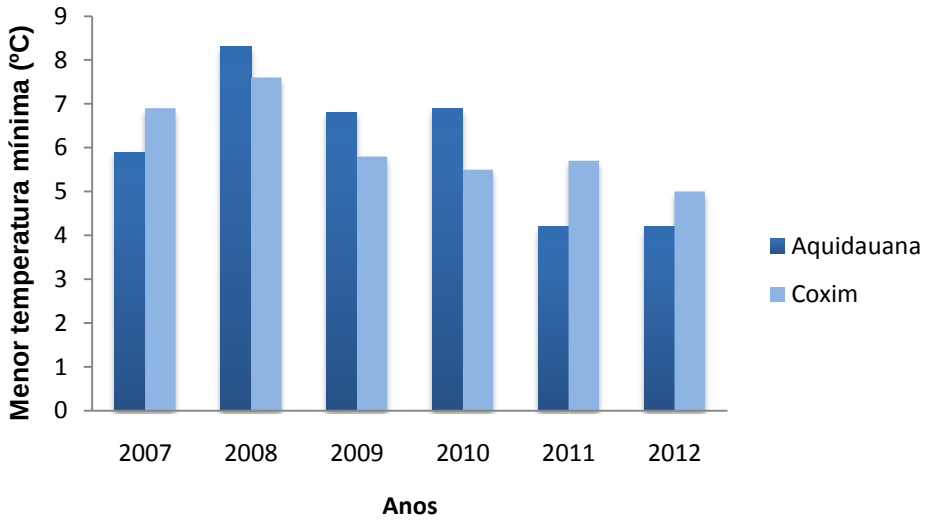


Figura 19. Distribuição anual das temperaturas mínimas absolutas em Aquidauana e Coxim no período de 2007 a 2012.

Pela análise da distribuição mensal das temperaturas mínimas absolutas registradas no período de 2007 a 2012, em Aquidauana e Coxim (Fig. 20), pode-se observar que de maio a setembro ocorreram os menores valores nos dois locais, coincidindo com o período de maior frequência dos eventos mensais (Fig.12). Julho

e agosto registraram as menores temperaturas mínimas absolutas. Os maiores valores ocorreram de outubro a dezembro, com temperaturas mínimas absolutas acima dos 15ºC para Aquidauana e Coxim.

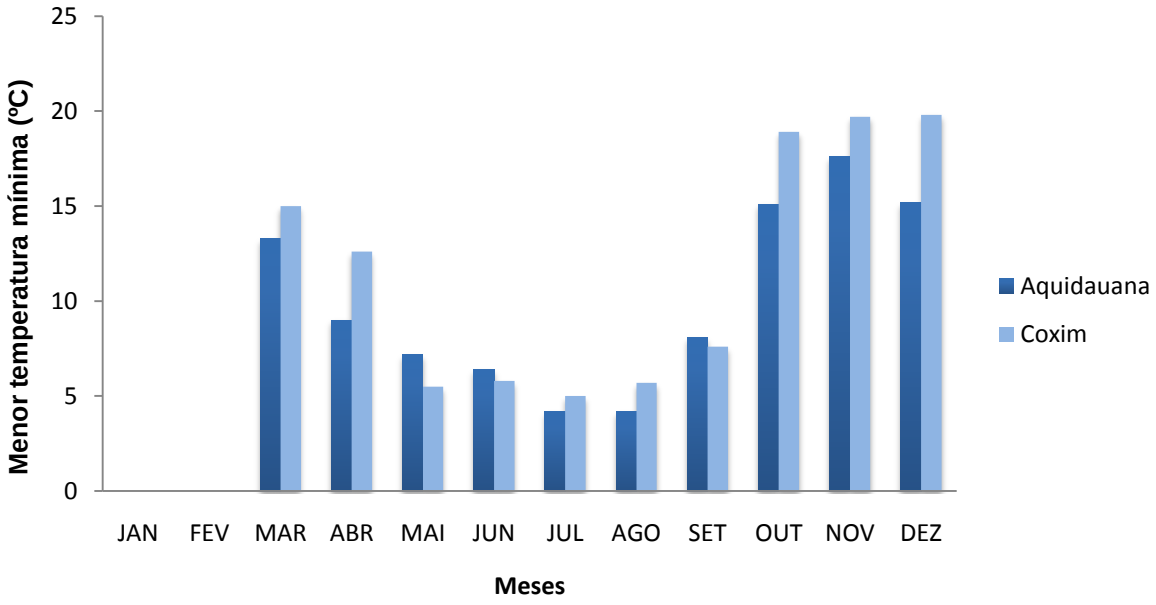


Figura 20. Distribuição anual das temperaturas mínimas absolutas em Aquidauana e Coxim no período de 2007 a 2012.

Comparando a média das temperaturas mínimas durante os eventos de friagem com a média das temperaturas mínimas mensais no período de 2007 a 2012 (Fig. 21), em Aquidauana pode-se observar que as médias de temperaturas mínimas em dias de friagem foram relativamente baixas, considerando a latitude em que está localizada a cidade. Em julho o valor calculado foi de 10,7ºC, equivalente à média mensal de temperaturas mínimas em julho para São Luiz Gonzaga/RS, cidade localizada a uma altitude semelhante à de Aquidauana (231 metros), porém a 28ºS de latitude (RAMOS et al., 2009).

No período de outubro a dezembro foram registrados os maiores valores de média das temperaturas mínimas em dias de friagem. A diferença entre a média de temperaturas mínimas em dias de friagem e a mensal ficou em -3,6ºC.

Para Coxim nota-se que nesta cidade as médias de temperaturas mínimas foram mais elevadas em relação a cidade de Aquidauana, tanto em dias de friagem como nas médias mensais para o período de 2007 a 2012 (Fig. 22). O menor valor ocorreu também em julho, com 12,1ºC. Porém o maior destaque é o efeito menos acentuado que as friagens ocasionam nas temperaturas mínimas em Coxim. A diferença média foi de -1,7ºC, bem inferior aos -3,6ºC de Aquidauana. Isto pode ser

explicado pela localização latitudinal de Coxim, que suaviza o efeito das friagens, e também pelo ar mais seco nesta cidade, que favorece mínimas mais baixas mesmo sem a atuação da massa de ar frio.

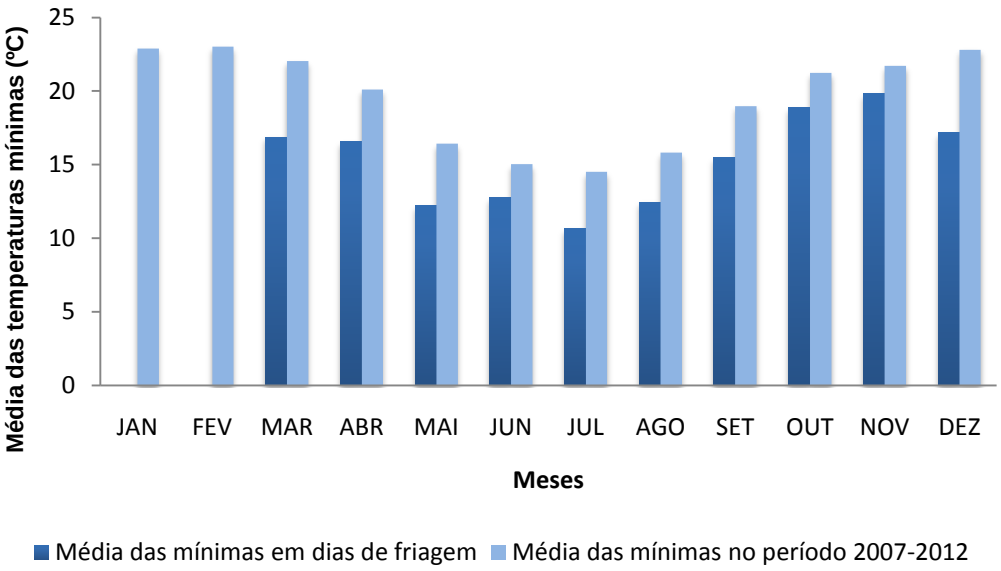


Figura 21. Média das mínimas em dias de friagem e média das mínimas mensais no período de 2007 a 2012 em Aquidauana.

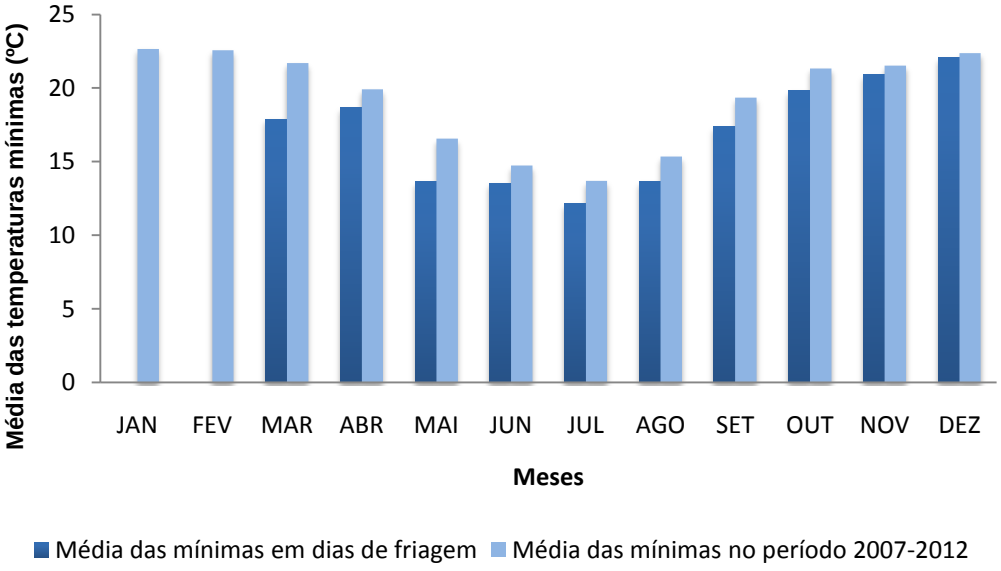


Figura 22. Média das mínimas em dias de friagem e média das mínimas mensais no período de 2007 a 2012 em Coxim.

### 4.3.2 Análise das temperaturas médias

As temperaturas médias em dia de friagem e as médias mensais para o período de 2007 a 2012 em Aquidauana (Fig 23) apresentam o mesmo padrão de variação. O menor valor de temperatura média em dias de friagem ocorreu em julho, com 15,8ºC. No mês de agosto ocorreu a maior diferença entre as médias analisadas, sendo de -5,2ºC o valor da diferença entre a média em dias de friagem e a médias mensal. O valor médio de diferença foi igual a -4,4ºC para os dez meses com ocorrência de friagem.

As temperaturas médias em dias de friagem e as médias mensais para o período de 2007 a 2012 em Coxim são mostrados na Fig. 24. Observa-se mais uma vez que as temperaturas são mais elevadas nesta cidade em comparação a Aquidauana. As médias mensais não baixam de 21ºC, porém em dias de friagem consegue alcançar 17,9ºC no mês de julho. A diferença entre as temperaturas médias em dias de friagem e as temperaturas médias mensais foi de -2,7ºC nos dez meses que registraram o fenômeno.

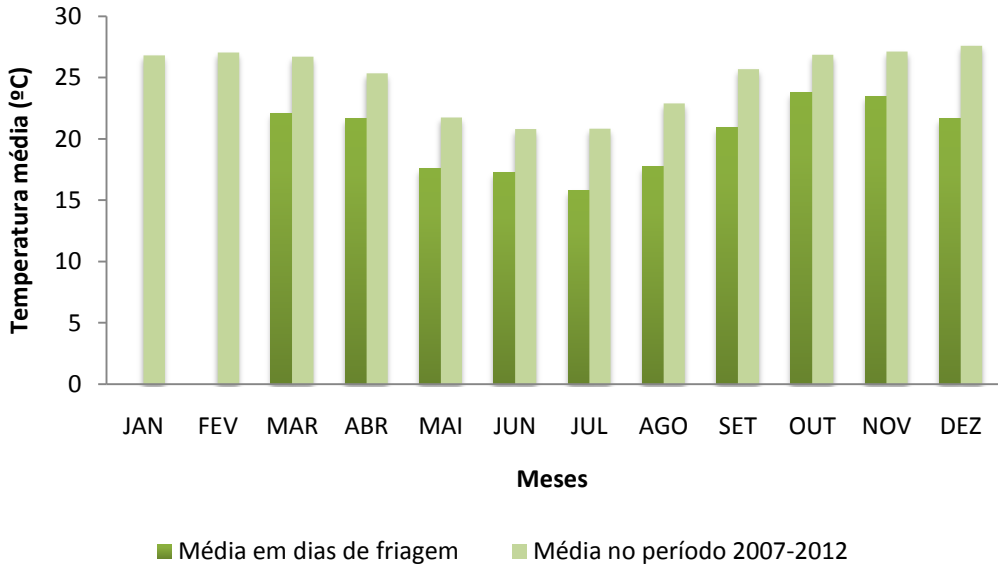


Figura 23. Temperaturas médias em dias de friagem e temperaturas médias mensais no período de 2007 a 2012 para Aquidauana.

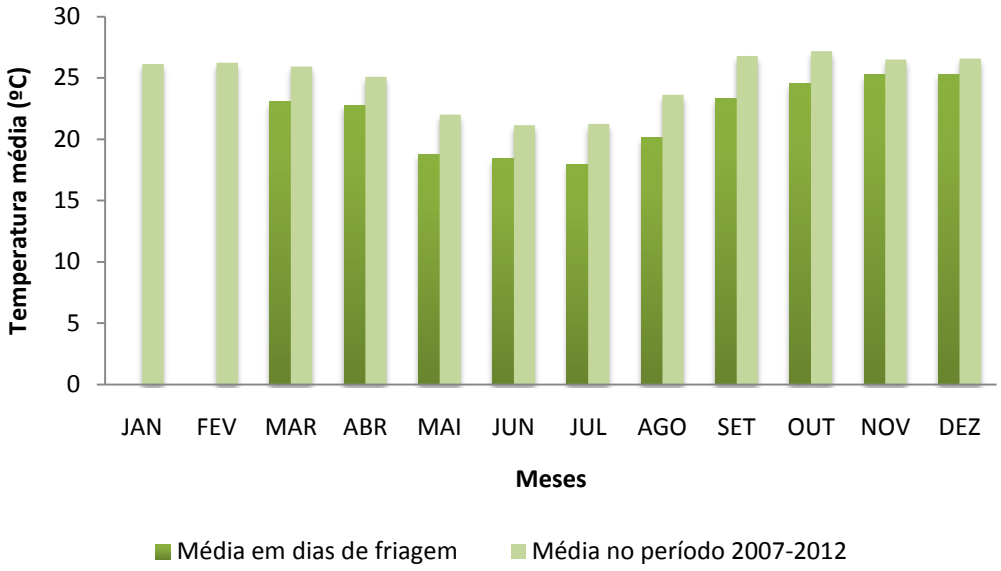


Figura 24. Temperaturas médias em dias de friagem e temperaturas médias mensais no período de 2007 a 2012 para Coxim.

### 4.3.3 Análise das temperaturas máximas

A média das temperaturas máximas em dias de friagem e a média das temperaturas máximas mensais no período de 2007 a 2012 em Aquidauana são mostradas na Fig. 25. É possível observar que as temperaturas máximas em dias de friagem decresceram ao mesmo tempo em que houve o decréscimo das médias mensais de temperaturas máximas. As médias mensais foram bastante elevadas em todos os meses. Apenas de maio a julho estas médias não estiveram acima dos 30ºC, mas ainda assim não baixaram de 28ºC. Porém, como já mostrado anteriormente (Fig. 16), as temperaturas máximas são as que mais decrescem em decorrência do fenômeno da friagem, e por isso as médias de temperaturas máximas na presença do fenômeno se mostraram bem inferiores às médias mensais. A diferença média nos dez meses com a atuação do fenômeno entre 2007 e 2012 foi calculada em -5,2ºC.

Para Coxim, a média das temperaturas máximas em dias de friagem e a média das temperaturas máximas mensais para o período de 2007 a 2012 são mostradas na Fig. 26. As temperaturas como já se esperavam, dados os resultados apresentados nas Fig. 22 e 24, foram superiores às registradas em Aquidauana. As médias mensais estiveram acima dos 30ºC em praticamente todos os meses. A única exceção foi o mês de maio, com média de máximas de 29,6ºC.

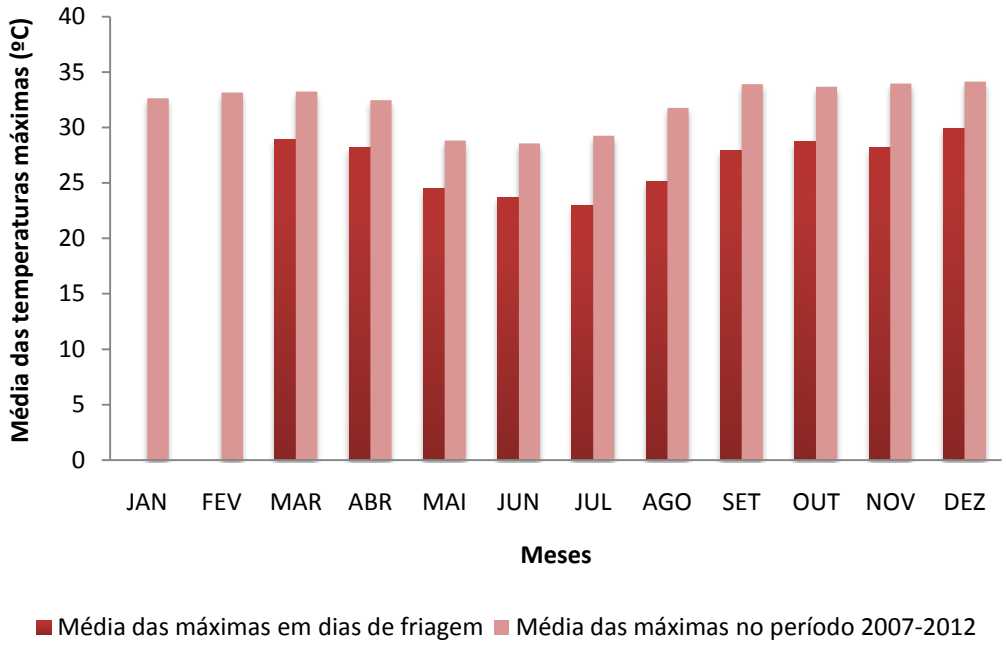


Figura 25. Média das temperaturas máximas em dias de friagem e média das temperaturas máximas mensais no período de 2007 a 2012 em Aquidauana.

Com a atuação da friagem as temperaturas máximas caíram em média 4,1ºC. O mês de julho, assim como em Aquidauana, foi o que registrou a maior diferença entre as temperaturas máximas em dias de friagem e as máximas médias mensais: -5,2ºC.

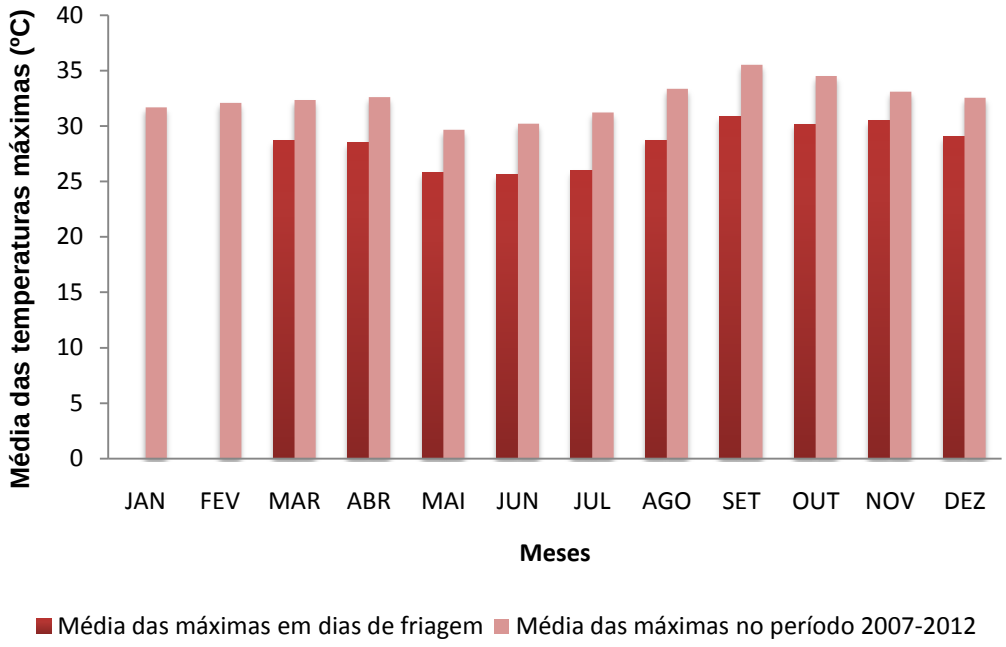


Figura 26. Média das temperaturas máximas em dias de friagem e média das temperaturas máximas mensais no período de 2007 a 2012 em Coxim.

### 4.4 Precipitação associada a eventos de friagens

A evolução diária da média de precipitação nos eventos de friagem e a porcentagem de dias que registraram precipitação no respectivo tempo (t), no período de 2007 a 2012 em Aquidauana e Coxim (Fig. 27) mostra que para ambas as cidades o dia com a maior média de precipitação foi o primeiro dia de friagem (t). Em Aquidauana a precipitação foi nitidamente maior em praticamente todos os dias, com exceção de t+1. Além disso, a porcentagem de dias com chuva também é maior em Aquidauana, especialmente no dia anterior (t-1) e no primeiro dia de friagem (t). Nos dias anteriores a cada evento de friagem abordados neste estudo, houve registro de precipitação em 18% dos dias em Coxim e 33% em Aquidauana. Para os 60 casos de primeiro dia de friagem, dia de maior precipitação média, houve precipitação em 40% destes dias em Coxim e 52% em Aquidauana. A partir do segundo dia (t+1) a porcentagem de dias que registraram precipitação se manteve abaixo de 20% e em constante queda. Para os 60 eventos de friagem analisados neste estudo, a média de precipitação para cada evento foi de 8,3 mm em Coxim e 17,0 mm em Aquidauana.

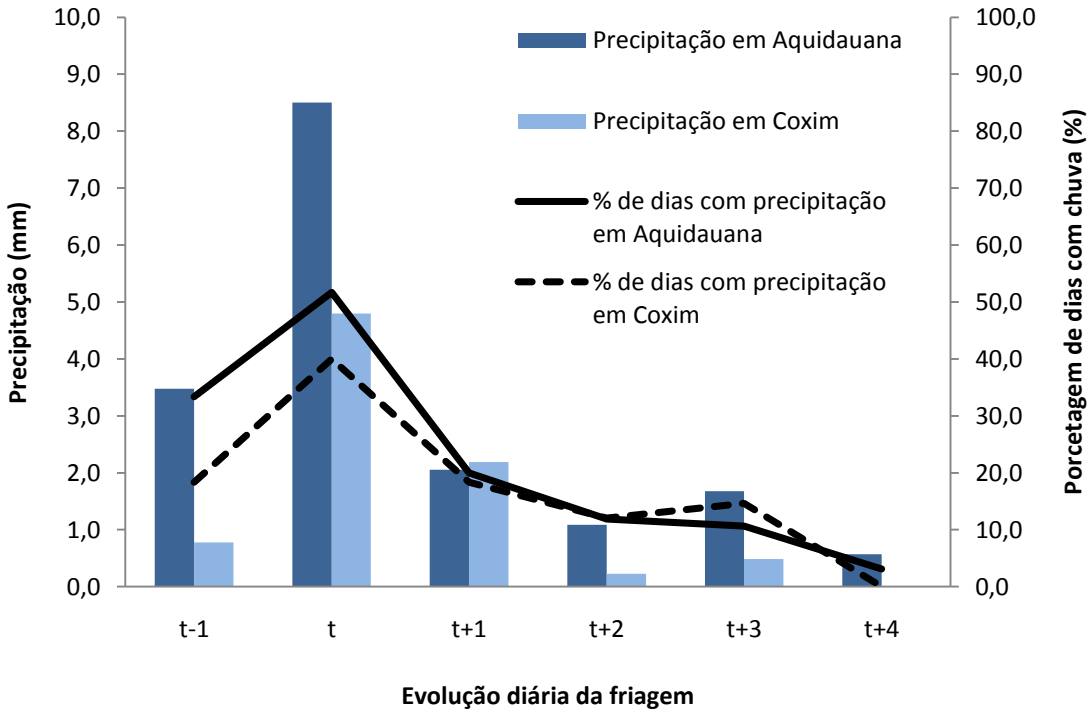


Figura 27. Evolução diária da precipitação média em eventos de friagem e a porcentagem de dias com precipitação para cada referido dia.

A distribuição anual dos eventos de friagem com e sem precipitação para Aquidauana (Fig. 28a) e Coxim (Fig. 28b) evidencia a maior concentração de friagem com precipitação em Aquidauana. Nesta cidade, houve um total de 20 friagens sem precipitação e 40 friagens com precipitação. Em Coxim o total de friagens sem precipitação foi de 27 eventos, e 33 friagens com precipitação. Este resultado é coerente, uma vez que a maior parte das friagens ocorreu no período de maio a outubro, sendo que este período apresentou menor precipitação média em Coxim em relação à Aquidauana para o período de 2007 a 2012 (Fig. 11).

A distribuição mensal dos eventos de friagem com e sem precipitação é mostrada na Fig. 29. Nota-se que para Aquidauana (Fig. 29a), os meses de agosto e setembro foram os meses que registraram o maior número de friagens sem precipitação. O mês de agosto registrou sete friagens sem precipitação, contra quatro friagens com precipitação. Os meses de abril a julho foram os que registraram o maior número de friagens com precipitação, com destaque para maio que registrou nove friagens com precipitação e apenas uma friagem sem chuva.

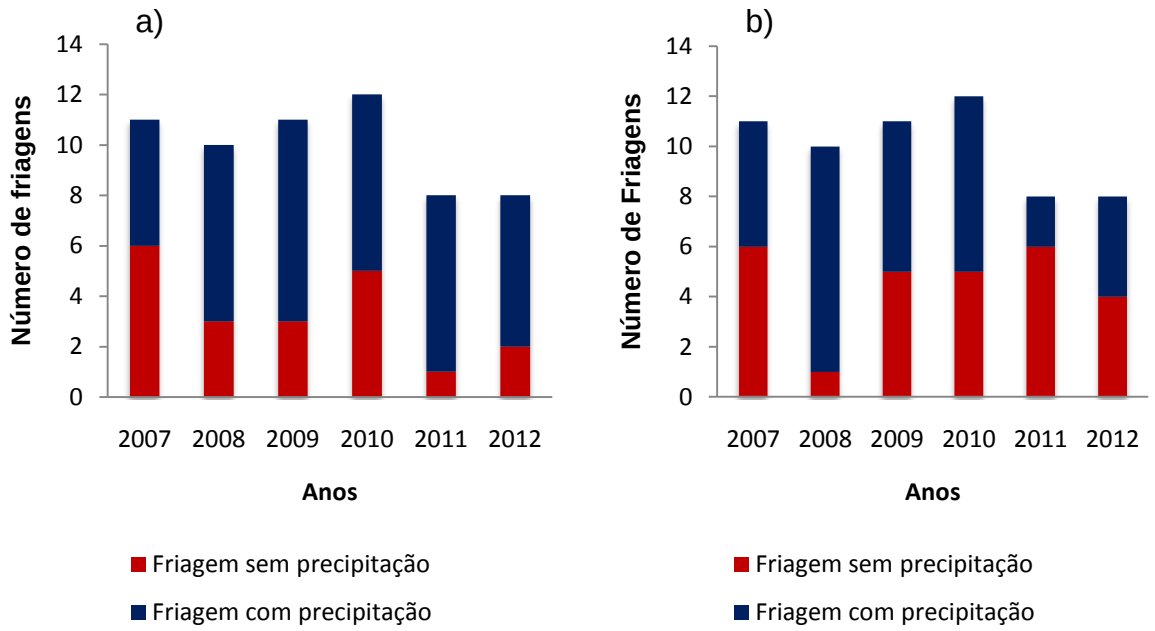


Figura 28. Distribuição anual dos eventos de friagem com e sem precipitação para a) Aquidauana e b) Coxim.

Em Coxim os meses de junho a agosto foram os que registraram o maior número de friagens sem precipitação. O mês de maio, assim como em Aquidauana, foi o que registrou o maior número de friagens com chuva, totalizando sete, contra quatro sem precipitação.

A contribuição da precipitação ocorrida durante os episódios de friagem no total mensal de precipitação para cada mês em Aquidauana e Coxim (Fig. 30) mostram que as precipitações ocorridas nas friagens de março, e de outubro a dezembro, tiveram participação menor do que 10% no acumulado mensal de precipitação. As precipitações das friagens de abril, maio e setembro foram responsáveis por 20% a 50% do total mensal de precipitação.

Entre os meses de junho e agosto, as friagens foram responsáveis por mais da metade das precipitações totais acumuladas nestes meses. Em Aquidauana a contribuição chegou a 83% no mês de junho e em Coxim 98% das chuvas do mês de julho ocorreram devido a atuação das friagens. O resultado é coerente com o descrito por Serra e Ratisbonna (1960), que apontam as frentes frias como o principal mecanismo responsável pela precipitação no período seco do Pantanal.

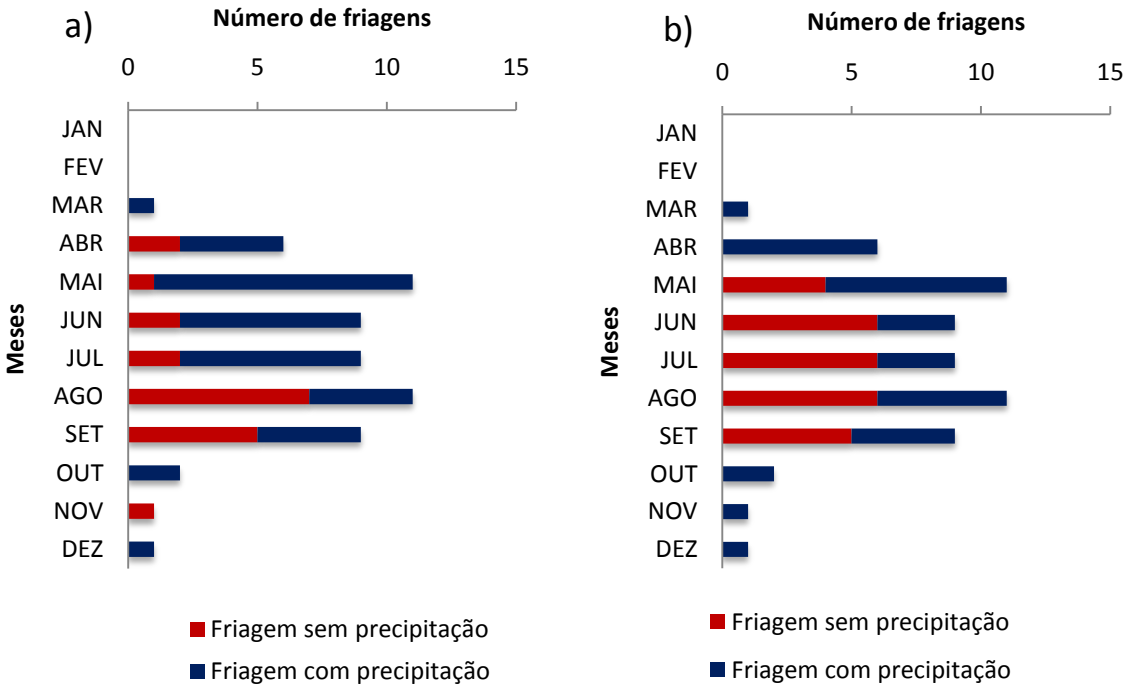


Figura 29. Distribuição mensal dos eventos de friagem com e sem precipitação para a) Aquidauana e b) Coxim.

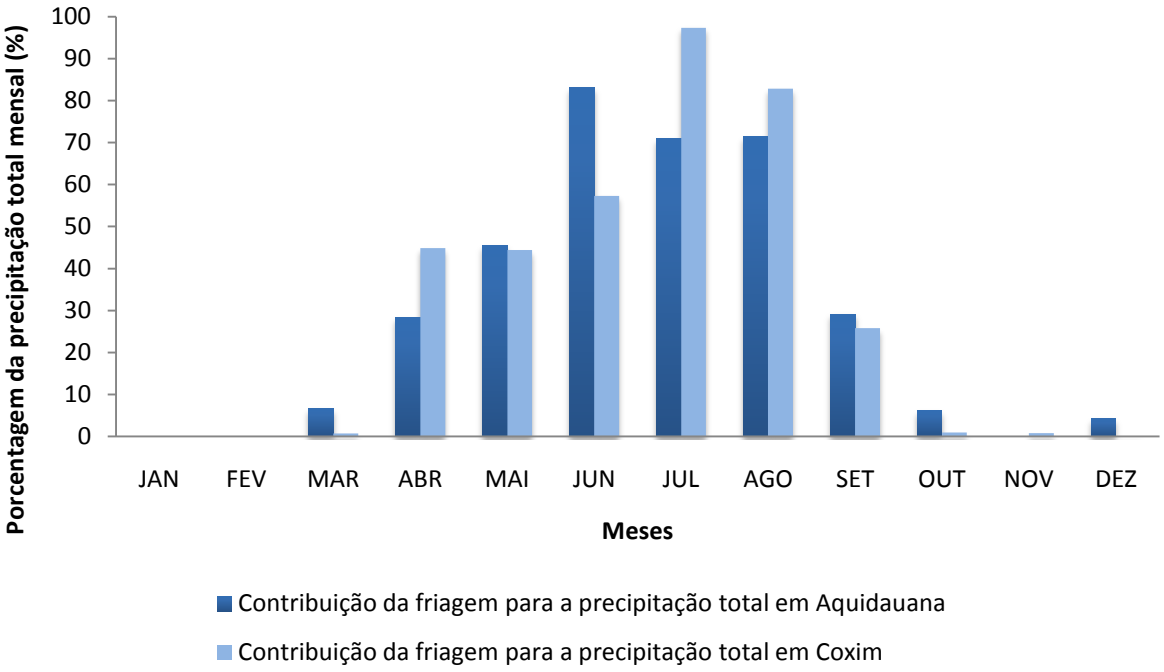


Figura 30. Contribuição das precipitações ocorridas nas friagens no acumulado mensal de precipitação em Aquidauana e Coxim para o período de 2007 a 2012.

## Conclusões

No período de 2007 a 2012 ocorreram 60 episódios de friagem no Pantanal, resultando numa média de 10 eventos por ano. Para estes eventos de friagem, o período com maior frequência de ocorrência é de abril a setembro, enquanto que em janeiro e fevereiro não há ocorrência do fenômeno. Na distribuição anual, o ano de 2010 registrou o maior número de eventos, enquanto os anos de 2011 e 2012 foram os que registraram o menor número.

Na região do Pantanal, as friagens têm duração média de 4,5 dias em Coxim e 5,0 dias em Aquidauana. O maior declínio das temperaturas ocorre no primeiro dia de friagem, e a partir do terceiro dia tem-se a elevação nos valores de temperatura. A variável mais afetada pela atuação da friagem é a temperatura máxima, que em média decai 4,1ºC em Coxim e 5,2ºC em Aquidauana, enquanto que as temperaturas mínimas diminuem 1,7ºC e 3,6ºC, e as temperaturas médias 2,7ºC e 4,4ºC, respectivamente.

A precipitação média para cada evento de friagem é de 8,3 mm em Coxim e 17,0 mm em Aquidauana. Sendo o primeiro dia de friagem o mais propício à ocorrência de precipitação, decaindo consideravelmente a probabilidade de chuva nos dias seguintes. Aquidauana apresenta um maior número de friagens com precipitação em relação à Coxim. Em ambas as cidades mais de 50% da precipitação nos meses de junho a agosto são decorrentes da atuação da friagem.

## Referências


ABDON, M. M.; SILVA, J. S. V.; SOUZA, I. M.; ROMON, V. T.; RAMPAZZO, J.; FERRARI, D. L. Desmatamento no bioma Pantanal até o ano de 2002: relações com a fitofisionomia e limites municipais. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 50, n.1, p. 17-24, 2007.

ALFONSI, R. R.; PAES DE CAMARGO, M. B. Condições climáticas para a região do Pantanal Matogrossense. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 1.1986, Corumbá. **Anais do....** EMBRAPA-CPAP, Documentos 5, p. 29-42.

ANDREASI, W. A. **Avaliação do impacto de estratégias bioclimáticas na temperatura interna de edificações no Passo do Lontra, Pantanal do Estado de Mato Grosso do Sul**. Florianópolis, UFSC, CTC, ECV, 2001, v.1, 134 p.

ANTUNES, M. P. Diagnóstico da área de estudo In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 1.1984, Corumbá. **Anais do....** Brasília, EMBRAPA, p. 207-227.

AQUIDAUANANEWS. Miranda: Idoso morre de frio em frente a sede da ação social. Disponível em: <http://www.aquidauananews.com/0,0,00,5260-160540-MIRANDA+IDOSO+MORRE+DE+FRIO+EM+FRENTE+A+SEDE+DA+ACAO+SOCIAL.htm>. Acesso em: 11 jul. 2013.

ASSINE, M. River avulsions on the Taquari megafan, Pantanal wetland, Brazil. **Geomorphology**, v. 70, n. 3-4, p. 357-371, 2005.

BARROS, J. R. **A chuva no Distrito Federal: o regime e as excepcionalidades do ritmo.** 2003, Dissertação (Mestrado em Geografia) – UNESP, São Paulo.

BARROS, J. R.; BALERO, J. C. S. A influência do clima e do tempo do Centro-Oeste do Brasil nas condições de voo na região. **Élisée Revista de Geografia UEG**, v. 1, p. 25-49, 2012.

BRASIL. **Ministério do Interior**. Estudos Hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai. Relatório Técnico. Rio de Janeiro, 1974. v. 1, 284p.

BRASIL. Ministério do Interior. **Estudo de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Alto Paraguai**. Relatório da 1a fase. Brasília-DF, 1979, t. 2.

BRASIL. **Ministério das Minas e Energia**. Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Folha SE-21 Corumbá e Parte da Folha SE-20. Rio de Janeiro, 1982, v. 27.

BRAZIL, M. C. Terra e trabalho no sul de Mato Grosso - Considerações sobre superação do escravismo, luta pela terra, economia pastoril e advento do trabalho livre - séculos 19 e 20. **História: Debates e Tendências**, Passo Fundo, v. 7, n. 2, p. 82-100, 2007.

BRINKMANN, W. L.; WEINMAN, J. A.; GOES RIBEIRO, M. N. Air temperature in central Amazonia I. **Acta Amazonica**, v. 1, n. 1, p. 51–56, 1971.

BRINKMANN, W. L.; GOES RIBEIRO, M. N. Air temperature in central Amazonia III. **Acta Amazonica**, v. 2, n. 3, p. 27–32, 1972.

CALHEIROS, D. F.; FONSECA JR, W. C. **Perspectivas de estudos ecológicos sobre o Pantanal**. Corumbá-MS: EMBRAPA-CPAP, 1996. 41p. (EMBRAPA-CPAP. Documentos, 18).

CATELLA, A. C.; PETRERE JR, M. Feeding patterns in a fish community of Baia da Onça, a fllodplain lake of the Aquidauana river, Pantanal, Brazil. **Fisheries Management and Ecology**, v. 3, n. 3, p. 229-237, 1996.

CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY, V. E. Frentes frias sobre o Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. (org.) **Tempo e Clima no Brasil.** 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. v. 1, p. 133-147.

CLIMANÁLISE. Boletim Climanálise. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim>. Acesso em: 11 abr. 2014.

COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the brazilian cerrado. In: GOLDAMMER, J. G. ed. **Fire in the tropical biota**, Berlin - Heidelberg: Springer Verlag, 1990, p. 82-105.

COUTO, F. T.; FOSTER, P. R. P. Utilização de sensoriamento remoto como auxílio em análise meteorológica de um sistema convectivo. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2. 2009, Corumbá-MS. **Anais do....** São José dos Campos:INPE, Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, p.131-139, 2009.

EMBRAPA. **Atlas do Meio Ambiente do Brasil**. Brasília-DF: EMBRAPA-SPI/Terra Viva, 1994. 130p.

FARIAS, S. E. M.; CHAN, C. S. Simulação das características micrometeorológicas para o Pantanal sul-mato-grossense. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1. 2006, Campo Grande-MS. **Anais do....** Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 57-66, 2006.

FISCH, G. F. **Camada limite amazônica: aspectos observacionais e de modelagem**. 1996, 180p. Tese (Doutorado em Meteorologia)– Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

FORTUNE, M. A. **A severidade das geadas de 1981, vista pelo satélite GOES**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos. 1982.

GALDINO, S.; SILVA, J. S. Análise da inundação de agosto de 1998 à jusante da cidade de Miranda, MS, no Pantanal. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1. 2006, Campo Grande-MS. **Anais do....** Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 67-76, 2006.

GAN, M. A.; RAO, V. B. Surface cyclogenesis over South America. **Monthly Weather Review**, v. 119, p. 1293-1303, 1991.

GARCIA, E. A. C. **O clima no Pantanal Mato-Grossense**. Circular Técnica. Corumbá-MS. 1984, n. 14, p. 36.

GARCIA, E. A. C. **Estudo técnico-econômico da pecuária bovina de corte do Pantanal Mato-Grossense**. Embrapa-CPAP. Documentos, 4. Corumbá: Embrapa-CPAP, 1986. 150p.

GARREAUD, R. D. Cold air incursions over subtropical South America: mean structure and dynamics. **Monthly Weather Review**, v. 128, n. 7, p. 2544-2559, 2000.

GOOGLE EARTH. Google maps. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 31 abr. 2014.

GRADELLA, F. S. **Aspectos da dinâmica hidroclimática da Lagoa Salina do Meio na fazendo Nhumirim e seu entorno, Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil**. 2008, 75 p. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Faculdade de Geografia, UFMS, Aquidauana.

HAMILTON, M. G.; TARIFA, J. R. Synoptic aspects of a polar outbreak leading to frost in tropical Brazil, July, 1972. **Monthly Weather Review**, v. 106, n. 11, p. 1545-1556, 1978.

HAMILTON, S. K.; SIPPEL, S. J.; MELACK, J. M. Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 137, n. 1, p. 1-23, 1996.

HARRIS, M. B.; ARCANGELO, C.; PINTO, E. C. T.; CAMARGO, G.; NETO, M. B. R.; SILVA, S. M. **Estimativas de perda da área natural da Bacia do Alto Paraguai e Pantanal Brasileiro**. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Campo Grande, 2005.

HASENACK, H.; CORDEIRO, J. L. P.; HOFMANN, G. S. **O clima da RPPN SESC Pantanal. Porto Alegre**, UFRGS, 31 p, 2003.

HOFMANN, G. S. **Relações entre a temperatura do ar e a estrutura de formações vegetais no norte do Pantanal de Mato Grosso**. 2008, 80 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia)– Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre.

HUBERT, L.; MENDONÇA, F. A. Aplicação de uma imagem Landsat MSS ao estudo de clima local - Pantanal Matogrossense/MS. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 11, n. 4, p. 166-169, 1990.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Disponível em: < http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>. Acesso em: 09 dez. 2013.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Acesso em: 04 jan. 2014.

JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: DODGE, D. P. (ed.) Proceedings of International Large River Symposium. **Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 106, p. 110-127, 1989.

LONGO, R. C. M.; DIAS, M. A. F. S. Análise das características dinâmicas e sinóticas de um evento de friagem durante a estação chuvosa no sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 1, p. 59-72. 2004.

MAGALHÃES, N. W. **Conheça o Pantanal**. São Paulo: Terragraph, 1992, 390p.

MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D.; COSTA, H. C.; MELO, D. C. R. Anomalias na precipitação pluviométrica no bioma do Pantanal Sul-Mato-Grossense. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 3. 2010, Cáceres-MT. **Anais do....** Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 151-159, 2010.

MARENGO, J. A. Água e Mudanças Climáticas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 86-92, 2008.

MARENGO, J. A.; OLIVEIRA, G. S. Impactos do fenômeno La Niña no tempo e clima do Brasil: desenvolvimento e intensificação do La Niña 1998/1999. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10. 1998, Brasília. **Anais do....**

MARENGO, J. A.; CORNEJO, A.; SATYAMURTY, P.; NOBRE, C.; SEA, W. Cold surges in tropical and extratropical South America: the strong event in June 1994. **Monthly Weather Review**, v. 125, n. 11, p. 2759-2786, 1997a.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C.; CULF, A. D. Climatic impacts of “friagens” in forested and deforested areas of the Amazon basin. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 36, n. 11, p. 1553-1566, 1997b.

MARTINS, M. P. P.; MANZI, A. O.; ALVALÁ, R. C. S.; PRASAD, G. S. S. D.; SÁ, L. D. A.; GIELOW, R.; ARLINO, P. R. A.; DIAS, M. A. F. S.; FREITAS, E. D.; SOUZA, A. Análise preliminar dos dados de sodar relativos à Camada Limite do Pantanal Sul Matogrossense.. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO E IBÉRICO DE

METEOROLOGIA, 11, CONGRESSO ARGENTINO DE METEOROLOGIA, 8. 2001, Buenos Aires. **Anais do....**

MONTEIRO, C. A. F. Sobre a análise geográfica de sequências de cartas de tempo (Pequeno ensaio metodológico sobre o estudo do clima no escopo da Geografia). **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 58, p. 169-179, 1963.

MORAES, E. C.; PEREIRA, G.; ARAI, E. Uso dos produtos EVI do sensor MODIS para a estimativa de áreas de alta variabilidade intra e interanual no bioma Pantanal. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2.2009, Corumbá-MS. **Anais do....** Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 496-504, 2009.

MYERS, V. A. A cold front invasion of Southern Venezuela. **Monthy Weather Review**, v. 92, n. 11, p. 513-521, 1964.

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

OLIVEIRA, P. J.; ROCHA, E. J. P.; FISCH, G.; KRUIJT, B.; RIBEIRO, J. B. M. Efeitos de um evento de friagem nas condições meteorológicas na Amazônia: um estudo de caso. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 4, p. 613-619, 2004.

PARMENTER, F. C. A Southern Hemisphere cold front passage at the Equator. **Bulletin American Meteorological Society**, v. 57, n. 12, p. 1435-1440, 1976.

PARRA, M. A.; TROPPMAIR, H. **Regiões bioclimáticas do Estado do Mato Grosso do Sul**. In: Anais, 231 p., 2001.

PECUÁRIA. Gado morre de frio no MS. Disponível em: <http://www.pecuaria.com.br/info.php?ver=8632>. Acesso em 11 jul. 2013.

PEREIRA, G.; SILVA, M. E. S.; MORAES, E. C.;SHIMABUKURO, Y. E.; CARDOZO, F. C.; SILVA, F. B.; ARAI, E. Impacto climático das áreas alagadas no Bioma Pantanal. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 3. 2010, Cáceres-MT. **Anais do....** Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2010, p. 190-199.

PETTS, G. E. Regulation of large rivers: Problems and Possibilities for environmentally - sound river development in South America. **Interciencia**, v. 15, n. 6, p. 388-395, 1990.

PINTO JR., S. C.; SILVA, C. A. . A dinâmica climática do Mato Grosso do Sul e as queimadas do ano de 2009: uma análise têmporo-espacial a partir das Imagens do NOAA-15. **Acta Geografica**, v. Ed. Especial, p. 223-237, 2012.

POR, F. D. **The Pantanal of Mato Grosso (Brazil)**. Dordrecht: K. A. Publishers, 122p, 1995.

PNUD. Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>. Acesso em: 11 dez. 2013.

RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R.; FORTES, L. T. G. **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990**. Insituto Nacional de Meteorologia – INMET. Brasília – DF. 2009.

RODELA, L. G. **Unidades de vegetação e pastagens nativas do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul**. 2006, 222 p. Tese (Doutorado em Geografia Física)- Fac. Filosofia, Letras e C. Humanas, USP, São Paulo.

SANTOS, V. A.; SILVA, C. A.; SCHNEIDER, H. As características do clima de Dourados (MS) e suas conexões com os sistemas atmosféricos regionais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 9, p. 80-93, 2012.

SELUCHI, M. E. Geadas e Friagens. In: CAVALCANTI, I. F. A; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. (org.) **Tempo e Clima no Brasil.** 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. v. 1, p. 149-167.

SERRA, A.; RATISBONNA, L. As massas de ar da América do Sul: 1ª e 2ª partes. **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, Instituto Panamericano de Geografia e História, n. 51-52, 1960.

SILVA, C. J. **Influência da variação do nível d'água sobre a estrutura e funcionamento de uma área alagável do Pantanal Mato-Grossense (Pantanal de Barão de Melgaço, município de Santo Antonio de Leverger e Barão de Melgaço - MT)**. 1990, 215 p. Tese (Doutorado em Ecologia)– Fac. Ciências Biológicas, UFSCAR, São Carlos.

SILVA, J. S. V. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas sub-regiões. In: ENCONTRO SOBRE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A ESTUDOS NO PANTANAL. 1995, Corumbá-MS. **Anais do....** São José dos Campos-SP: INPE, p. 9-10, 1995a.

SILVA, J. S. V. Correlação de dados de sensoriamento remoto com fluviometria. In: LOUREIRO, J. M. F. **Coletânea de seminários técnicos do CPAP Pantanal 1992/1993**. Embrapa-Cpap: Ministério da Agricultura, Corumbá, 1995b, p. 69-70.

SILVA, R. C.; ALVALÁ, R. C. S.; MANZI, A. O.; SOUZA, A. Estimativa da radiação de onda longa atmosférica no Pantanal sul-mato-grossense durante o período seco de 1999. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12.2002, Foz do Iguaçu-PR. **Anais do....**

SOUZA, R. R.; TOLEDO, L. G.; TOPANOTTI, D. Q.; Oscilação das chuvas na porção centro oeste do estado de Mato Grosso, entre os anos de 1996 a 2001. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia - Goiás - Brasil v. 27 n. 3 p. 71-89. 2007.

SWART, A. F. **The Pantanal: Understanding and preserving the world's largest wetland**. Paragon House. St.Paul, Minnesota, 2000.

VALVERDE, D. Fundamentos geográficos de planejamento rural do Município de Corumbá. **Revista Brasileira Geográfica**, v. 34, n. 1, p. 49-144, 1972.

VILHENA, J. E. S.; MOTA, M. A. S.; CAVALCANTE, E. P.; DANTAS, V. A.; CHAGAS, G. F. B. Análise das Condições Termodinâmicas durante um Evento de Friagem em Vilhena-Ro: Estudo de Caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA - A METEOROLOGIA E AS CIDADES, 15. 2008, São Paulo. **Anais do....**

WILLINK, P. W.; CHERNOFF, B.; ALONSO, L. E.; MONTAMBAULT, J. R.; LOURIVAL, R. A biological assessment of the aquatic ecosystems of the Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. **RAP Bulletin of Biological Assessment**, v. 18. Conservation International, Washington/DC, 2000.