

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, EXTENSÃO E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

GRASIELA CRISTINA BOTH

**ZONEAMENTO DO FITOCLIMA E DISTRIBUIÇÃO DAS  
FORMAÇÕES FLORESTAIS NO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

UNIVATES

GRASIELA CRISTINA BOTH

**ZONEAMENTO DO FITOCLIMA E DISTRIBUIÇÃO DAS  
FORMAÇÕES FLORESTAIS NO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, do Centro Universitário UNIVATES, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Desenvolvimento, área de concentração: Espaço, Ambiente e Sociedade.

Orientador: Dr. Claus Haetinger

Co-orientador: Dr. André Jasper

Lajeado – RS

2009

GRASIELA CRISTINA BOTH

**ZONEAMENTO DO FITOCLIMA E DISTRIBUIÇÃO DAS  
FORMAÇÕES FLORESTAIS NO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, do Centro Universitário UNIVATES, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Desenvolvimento, área de concentração: Espaço, Ambiente e Sociedade.

Aprovado em 20 de março de 2009

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. André Jasper

Centro Universitário Univates (UNIVATES)

Prof. Dr. Eduardo Périco

Centro Universitário Univates (UNIVATES)

Prof. Dr. Jean Carlos Budke

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI)

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Leopoldo Magno Coutinho, da Universidade de São Paulo (USP), pelo auxílio na determinação da terminologia mais adequada para as florestas que ocorrem no RS e pelas valiosas contribuições acerca o tema.

Ao Prof. Dr. Galileo Adeli Buriol, do Centro Universitário Franciscano (UNIFRA), pelo empréstimo e doação de materiais bibliográficos para a elaboração desta dissertação.

Ao Prof. Ms. Everaldo Rigelo Ferreira, do Centro Universitário Univates (UNIVATES) pela leitura crítica dos artigos gerados a partir desta dissertação e pelas valiosas contribuições.

Aos professores Dr. Claus Haetinger e Dr. André Jasper, pela orientação, amizade e confiança.

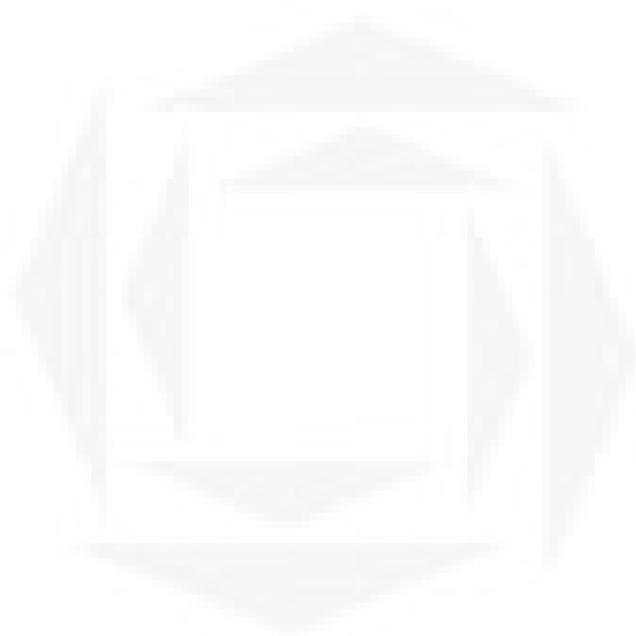
Aos colegas de trabalho Vianeí Luís Diedrich e Rafael Rodrigo Eckhardt, pelo enorme auxílio na elaboração de mapas.

Ao meu namorado Alexsander, pelo amor, pela compreensão e apoio ao longo desta jornada.

Aos meus pais Roque e Sonia, pelo auxílio financeiro que permitiu a realização deste curso de pós-graduação.

A Deus, que nos dá força e serenidade em todos os momentos.

A todos os meus sinceros agradecimentos!



*“A única forma de ter sucesso verdadeiro em ciência é descrever a evidência de forma extremamente cuidadosa, sem considerar a maneira que você acha que ela deveria ser. Se você tem uma teoria, você deve tentar explicar o que ela tem de bom, e igualmente, o que ela tem de ruim. Em ciência, você aprende uma espécie de integridade e honestidade padrão.”*

Richard Feynman

Dedico à ciência, pelo fascínio que sempre me despertou.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. O CLIMA E A DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA VEGETAÇÃO.....	4
3. O CLIMA DO RIO GRANDE DO SUL.....	7
4. A VEGETAÇÃO DO RIO GRANDE DO SUL.....	9
5. MAPEAMENTO DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.....	17
5.1 Introdução.....	18
5.2 Material e Métodos.....	19
5.3 Resultados e Discussão.....	21
6. ZONEAMENTO DO FITOCLIMA E DISTRIBUIÇÃO DAS FORMAÇÕES FLORESTAIS DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.....	29
6.1 Introdução.....	29
6.2 Material e Métodos.....	31
6.3 Resultados e Discussão.....	34
7. CONCLUSÕES.....	49
8. PERSPECTIVAS FUTURAS.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
ANEXOS.....	60

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Regiões fitoecológicas do Rio Grande do Sul e suas interligações com demais regiões do Brasil.....	11
Figura 2: Perfil esquemático da Floresta Ombrófila Densa .....	12
Figura 3: Perfil esquemático da Floresta Ombrófila Mista.....	13
Figura 4: Perfil esquemático da Floresta Estacional Semidecidual.....	14
Figura 5: Perfil esquemático da Floresta Estacional Decidual.....	16
Figura 6: Localização das regiões ecoclimáticas no Rio Grande do Sul.....	20
Figura 7: Fluxograma do procedimento adotado para a geração dos mapas de temperatura.....	21
Figura 8: Temperatura média máxima do ar (°C) nos meses de janeiro e julho no Rio Grande do Sul.....	26
Figura 9: Temperatura média do ar (°C) nos meses de janeiro e julho no Rio Grande do Sul.....	26
Figura 10: Temperatura média mínima do ar (°C) nos meses de janeiro e julho no Rio Grande do Sul.....	26
Figura 11: Precipitação pluviométrica (mm) nas estações outono e inverno no Rio Grande do Sul.....	28
Figura 12: Precipitação pluviométrica (mm) nas estações primavera e verão no Rio Grande do Sul.....	28

Figura 13: Fluxograma do procedimento adotado para a geração de mapas com distribuição potencial da vegetação.....	33
Figura 14: Curvas ombrotérmicas nas regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul.....	35
Figura 15: Distribuição potencial da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde com a localização da sua área original de ocorrência no Rio Grande do Sul, considerando critérios de Teixeira <i>et al.</i> (1986).....	37
Figura 16: Comportamento mensal da precipitação pluviométrica no trecho Laguna (SC) e Torres (RS).....	41
Figura 17: Distribuição potencial da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde com a localização da sua área original de ocorrência no Rio Grande do Sul, considerando critérios de Teixeira <i>et al.</i> (1986) e padrão de precipitação pluviométrica.....	43
Figura 18: Distribuição potencial da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia com a localização da sua área original de ocorrência no Rio Grande do Sul, considerando critérios de Teixeira <i>et al.</i> (1986).....	44
Figura 19: Comportamento mensal da precipitação pluviométrica na área original de ocorrência da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia.....	46
Figura 20: Distribuição potencial da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia com a localização da sua área original de ocorrência no Rio Grande do Sul, considerando critérios de Teixeira <i>et al.</i> (1986) e padrão de precipitação pluviométrica.....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estações meteorológicas do Rio Grande do Sul com a sua respectiva região ecoclimática, coordenadas geográficas (latitude e longitude) e altitude.....	18
Tabela 2: Valores dos coeficientes de correlação múltipla (r) e de determinação múltipla (r <sup>2</sup> ) da temperatura média, máxima e mínima do mês mais frio (julho) no Rio Grande do Sul.....	22
Tabela 3: Significância estatística dos coeficientes individuais das equações de regressão múltipla para estimativa da temperatura média, máxima e mínima do mês mais frio (julho) no Rio Grande do Sul.....	23
Tabela 4: Valores dos coeficientes de correlação múltipla (r) e de determinação múltipla (r <sup>2</sup> ) da temperatura média, máxima e mínima do mês mais quente (janeiro) no Rio Grande do Sul.....	24
Tabela 5: Significância estatística dos coeficientes individuais das equações de regressão múltipla para estimativa da temperatura média, máxima e mínima do mês mais quente (janeiro) no Rio Grande do Sul.....	25
Tabela 6: Significância estatística dos modelos de regressão múltipla para estimativa da temperatura média, máxima e mínima do mês mais quente (janeiro) e frio (julho) no Rio Grande do Sul.....	25
Tabela 7: Exigências bioclimáticas (temperatura) das Florestas Subtropical / Temperada Semicaducifólia e Pluvial Tropical Sempre Verde do Rio Grande do Sul.....	32

## ZONEAMENTO DO FITOCLIMA E DISTRIBUIÇÃO DAS FORMAÇÕES FLORESTAIS NO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

### RESUMO

O clima é o principal fator que determina a distribuição geográfica da vegetação. O seu estudo se torna fundamental para entender, especialmente, os seus limites fitogeográficos. No Rio Grande do Sul, os diferentes regimes climáticos verificados ao longo do tempo motivaram processos migratórios, refletindo numa diversidade de formações vegetacionais. O presente trabalho visa a estudar a influência do clima no estabelecimento de limites para as florestas Subtropical / Temperada Semicaducifólia (ou Floresta Estacional Decidual) e Pluvial Tropical Sempre Verde (Floresta Ombrófila Densa) e confrontar esses limites com o sistema oficial de classificação fitogeográfica do Rio Grande do Sul. Neste estudo foram adotadas técnicas de modelagem preditiva, que envolve o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), utilizando variáveis climáticas como temperatura e precipitação pluviométrica. Os resultados apontam que a área de distribuição potencial para ambas as formações florestais é mais ampla do que a área original de distribuição geográfica. Portanto, o clima, através da análise da temperatura e precipitação pluviométrica, não estabelece unicamente os atuais limites fitogeográficos das florestas em questão, estando também envolvidos outros fatores ambientais na sua distribuição, que precisam ser melhor avaliados para permitir inferências na classificação fitogeográfica das florestas do Rio Grande do Sul.

**Palavras-chave:** temperatura, precipitação pluviométrica, limites fitogeográficos, Sistema de Informações Geográficas

## PHYTOCLIMATE ZONING AND FOREST FORMATIONS DISTRIBUTION IN RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL

### ABSTRACT

Climate is the main factor that determines vegetation geographic distribution. Its study becomes fundamental to understand especially its phytogeographical limits. In Rio Grande do Sul, the different climate systems observed over the years provoked migratory processes, reflecting in a diversity of vegetation formations. This work aims at studying the climate influence in establishing limits for the Subtropical/Temperate Semi-deciduous Forest (or Seasonal Deciduous Forest) and the Pluvial Tropical Evergreen Forest (Dense Ombrophilous Forest), as well as comparing these limits to the official phytogeographical classification system of Rio Grande do Sul. To accomplish this study, techniques of predictive modeling, that involves the use of Geographical Information Systems (GIS), were adopted, using climate variables as temperature and rainfall. The results show that the potential distribution area for both forest formations is more extensive than the original geographic distribution. Therefore, through temperature and rainfall analysis, climate is not alone when establishing the current forest phytogeographical limits at issue. Other environmental factors are also involved in its distribution and need to be better evaluated to allow inferences in the phytogeographical classification of the forests of Rio Grande do Sul.

**Keywords:** temperature, rainfall, phytogeographical limits, Geographical Information Systems

## 1. INTRODUÇÃO

O clima é um dos mais importantes fatores determinantes da distribuição geográfica da vegetação (Walter, 1973, 1986; Box, 1981; Woodward, 1986; Leite, 2002; Waechter & Jarenkow, 2003; Woodward *et al.* 2004; Cox & Moore, 2005; Pillar, 2005), afetando profundamente as características (hábito, morfologia foliar e fenologia) da mesma em cada região climática (Ricklefs 2003; Cox & Moore 2005).

A posição geográfica do Rio Grande do Sul (RS), situado em latitudes médias com reduzida continentalidade, favorece a configuração de um cenário florestal (Leite, 2002; Waechter, 2002). Estudos recentes de Buriol *et al.* (2006, 2007) constata que, embora, aproximadamente 46% da vegetação original do RS fosse constituída por formações campestres, as disponibilidades climáticas atuais são de vegetação florestal.

As primeiras observações da desarmonia existente entre a vegetação com o momento climático atual começaram com Lindman (1906), analisando a vegetação campestre.

Posteriormente, estudos de Rambo (1951, 1956) vieram a agregar grande conhecimento para a geografia florística do RS. Conforme este mesmo autor, no Estado há interpenetração de dois contingentes tropicais que formam grande parte do maciço florestal: um contingente é caracteristicamente mesófilo ou estacional (interiorano) e outro é higrófilo ou pluvial (litorâneo). E na porção mais alta do Estado, encontram-se as florestas de Araucária marcadamente de clima mais frio.

Rambo (1961); Backes (1999); Leite (2002) relatam que os diferentes regimes climáticos que dominaram em épocas distintas no RS motivaram processos migratórios, permitindo atualmente identificar na vegetação sul-rio-grandense diferentes origens. O Estado, que consiste um ponto de encontro de diferentes tipos de vegetação, torna-se uma interessante região para a realização de estudos fitogeográficos, porém, conforme Coutinho (2006), Scudeller (2002), entre outros, muitos dos estudos são carentes de dados das características físicas do ambiente como clima e solos, que venham a permitir uma classificação mais segura da vegetação.

Atualmente, o estudo da interação clima-vegetação no RS tem sido focado no estudo de paleoclimas para entendimento dos processos de expansão e retração dos diferentes tipos vegetacionais existentes no Estado. Neste sentido, Behling *et al.* (2001, 2002, 2004) e Pillar (2003) lideraram vários estudos, focando, em especial, a dinâmica das formações campestres e florestas de Araucária em função de fatores ambientais como clima, solo e fogo, os quais são biomas ameaçados pela ação antrópica.

No meio científico, as discussões sobre a dinâmica e distribuição das diferentes formações vegetacionais do Estado em função de fatores ambientais, como o clima, ainda apresentam muitas lacunas. Estudos da interação das condições climáticas atuais com a vegetação do Estado são raros e, muitas vezes, constituem-se de estudos regionalizados. Por fim, nota-se que a classificação fitogeográfica da vegetação ainda ocasiona dúvidas, principalmente, quando se faz referência a um grupo de espécies tipicamente tropicais (corredor atlântico), como, por exemplo, *Euterpe edulis* Mart. (palmitheiro) que alcança o centro do Estado onde se encontra a Floresta Estacional Decidual, o que sugere uma migração gradual do elemento tropical atlântico para o interior do mesmo (Leite, 1995).

O estudo do atual clima é de grande importância para melhor compreensão da distribuição geográfica da vegetação, especialmente, os seus limites fitogeográficos.

A partir deste pressuposto, propõe-se relacionar o clima do RS à distribuição das florestas nativas para entender a influência deste fator ambiental no estabelecimento de fronteiras fitogeográficas. As florestas estudadas nesta dissertação são as Florestas Estacional Decidual e Ombrófila Densa. Ressalta-se, que este trabalho envolveu apenas o estudo do clima, não tendo sido realizado levantamentos florísticos à campo.

O alcance deste objetivo final ocorrerá a partir do cumprimento dos seguintes objetivos específicos:

1. Mapeamento das variáveis climáticas de importância para a vegetação do RS.
2. Zoneamento do fitoclima das florestas Estacional Decidual e Ombrófila Densa no RS.
3. Comparação do resultado do zoneamento proposto com o sistema de classificação fitogeográfica do IBGE (1992).

Esses objetivos foram explorados em seções nesta dissertação, correspondendo o primeiro objetivo à seção 5 e os demais objetivos à seção 6.

Esta dissertação está organizada em 8 seções. As seções 5 e 6 constituem-se artigos independentes, de forma a poder submetê-los com brevidade a revistas especializadas.

Ao fim deste trabalho, uma carência existente, quanto à integração de dados climáticos e de vegetação do RS, será preenchida. A metodologia adotada, que envolve técnicas de Modelagem Matemática e Sistemas de Informações Geográficas (SIG), é uma importante ferramenta para a Ecologia, pois oferece uma visualização espacial dos dados, podendo-se estabelecer com precisão os limites das regiões fitoecológicas (regiões ecotonais) do RS impostos pelas variáveis climáticas. Futuramente, poderá servir de subsídio para a revisão dos atuais limites estabelecidos pelos sistemas de classificação da vegetação.

Também, a partir deste trabalho, que envolve uma análise de fatores ambientais como o clima, podem derivar estudos de modelagem preditiva de distribuição geográfica de espécies como, por exemplo, espécies raras ou ameaçadas de extinção, que, por conseguinte, permitirão identificar áreas prioritárias para a conservação.

## 2. O CLIMA E A DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA VEGETAÇÃO

A distribuição de diferentes tipos de vegetação no mundo é bem conhecida e documentada há mais de 100 anos com as primeiras contribuições fornecidas por Humboldt (1906) abordando a geografia física e a distribuição da vegetação (Woodward, 1986). Humboldt pode ser considerado o pai da fitogeografia devido às suas primeiras contribuições nesta área (IBGE, 1992). Posteriormente, vários trabalhos surgiram enfatizando a importância do clima no controle dos padrões de vegetação atualmente observados.

A variação do clima no espaço geográfico, que proporciona diferentes tipos vegetacionais, é determinada em grande medida pela variação da intensidade da radiação solar. A radiação solar afeta o balanço de radiação das superfícies, que por sua vez, influencia, principalmente as condições de temperatura e disponibilidade hídrica para as plantas.

Os efeitos da radiação solar sobre condições de luminosidade, temperatura e disponibilidade de água para os vegetais são mediados por estratégias de adaptação (Pillar, 1995), que permitem ajustar os organismos a intervalos específicos de condições ambientais, ou seja, a forma e a função são adaptadas para combinar com o ambiente. As espécies podem ser amplas ou estreitas em sua abrangência de adaptação (Ricklefs, 2003). Ainda, segundo o último autor, um exemplo de adaptação que pode ser citado são as folhas das árvores das florestas decíduas adaptadas à sazonalidade, ou seja, na estação desfavorável do ano (inverno) perdem as folhas como forma de proteção.

Além do clima que exerce uma influência direta sobre a vegetação, outros fatores como a topografia, solos, presença de fogo podem influenciar a distribuição local da vegetação (Walter, 1986; Coutinho, 2006).

Em vista disto, a influência dos fatores climáticos pode ser estudada em diferentes escalas. O macroclima se refere à situação média de longo prazo que ocorre independentemente da topografia e tipo de solo, definindo a existência de biomas. O mesoclima é uma variante local do macroclima resultado da topografia que gera mudança no tipo de exposição solar em encostas, etc. São variações mesoclimáticas os “brejos” da Caatinga. O microclima se refere às variações devidas à proximidade da superfície do solo, superfície de folhas, etc (Pillar, 1995).

A fitoclimatologia é a ciência que estuda as inter-relações do clima e das plantas (Geiger, 1990).

Segundo Walter (1986), a importância direta das condições físicas do ambiente (clima, solos, etc.) vai somente ao limite absoluto da distribuição das espécies vegetais. Uma vez alcançado o limite natural de distribuição de uma espécie particular, em consequência de mudanças das condições do ambiente, sua habilidade em competir (poder competitivo) decai, podendo ser expulsa por outras espécies. Portanto, o limite depende também da presença de competidores.

O clima, por permitir a definição das fronteiras dos biomas terrestres, possibilitou a criação de vários sistemas de classificação para os mesmos, seguindo basicamente os padrões de temperatura e precipitação ao longo do ano. Neste contexto, a classificação de Walter (1986) é amplamente adotada e, também, segundo Coutinho (2006) pode ser considerada a mais moderna por apresentar uma concepção mais ecológica e prática.

Por estes motivos, neste presente trabalho, é adotado para a classificação da vegetação do RS, a classificação de Walter (1986). Na seção 4, esta temática será melhor abordada.

Em grande escala, a relação entre a distribuição dos tipos de vegetação (biomas) e o clima pode ser traduzida pelos Modelos de Vegetação Potencial (MVP). Para um dado clima, os MVPs diagnosticam o bioma potencial, ou seja, o bioma em equilíbrio com o dado clima. Obviamente podem existir diferenças entre a distribuição espacial dos biomas potenciais e a dos naturais devido à influência de outros fatores como a topografia, tipo de solo e ação antrópica. No entanto, em grande escala, os MVPs têm produzido resultados muito satisfatórios, sendo propostos na literatura (Oyama & Nobre, 2002).

De acordo com Jensen *et al.* (2001), o uso eficiente de estudo da vegetação potencial em escalas regionais e sub-regional, até o início de 1990, era limitado devido à falta de dados, tornando difícil a localização precisa e o arranjo espacial do ambiente de vegetação. Entretanto, os avanços recentes em sensoriamento remoto, sistema de informação geográfica, modelos terrestres e interpolação climática facilitaram o mapeamento da vegetação potencial.

Nos últimos anos, as técnicas de Modelagem Matemática e de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) evoluíram, utilizando-se modelos de nicho ecológico para determinar a distribuição potencial de espécies tanto vegetais como animais. Estes modelos, baseados na quantificação da relação das espécies com o ambiente, geram previsões indicando habitats adequados ou inadequados para a ocorrência de uma espécie, determinando assim regiões em potencial para a conservação de espécies raras ou ameaçadas, além de determinar os melhores locais para reintrodução de espécies e/ou testar hipóteses sobre a influência dos fatores ambientais como limitantes da própria distribuição geográfica (Guisan & Zimmermann, 2000; Anderson *et al.*, 2003; Siqueira & Durigan, 2007; Lopes *et al.*, 2007; Lopes & Grelle, 2007; Nascimento & Brito, 2007; Nascimento *et al.*, 2008).

### 3. O CLIMA DO RIO GRANDE DO SUL

O Rio Grande do Sul (RS), situado entre as latitudes de 27 e 34 graus sul e entre as longitudes de 50 e 57 graus oeste, encontra-se na zona extratropical (Vieira, 1984).

Segundo o sistema de classificação de Köppen (1936), o RS se enquadra na zona fundamental temperada ou “C” e no tipo fundamental “Cf” ou temperado úmido. No Estado, este tipo “Cf” se subdivide em duas variedades específicas, ou seja, “Cfa” e “Cfb” (Moreno, 1961). A variedade “Cfa” caracteriza-se por apresentar chuvas durante todos os meses do ano e possuir a temperatura do mês mais quente superior a 22°C, e a do mês mais frio superior a 3°C. A variedade “Cfb” também apresenta chuvas durante todos os meses do ano, tendo a temperatura do mês mais quente inferior a 22°C e a do mês mais frio superior a 3°C. Desta forma, de acordo com a classificação de Köppen, o RS fica dividido em duas áreas climáticas, “Cfa” e “Cfb”, sendo que a variedade “b” se restringe ao Planalto Meridional e ao Escudo Sul-riograndense, enquanto que as demais áreas pertencem à variedade “a”.

Os vários elementos que compõem o clima do RS são resultantes da atuação das diversas correntes de ar ou massas de ar que compõem a circulação geral da atmosfera (Monteiro, 1968). De acordo com este autor, o RS sofre influência de três anticiclones que produzem as massas de ar que atuam de forma intensa no estado (Anticiclone do Atlântico Sul, Anticiclone Polar e Anticiclone do Pacífico).

Originária do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul, a Massa Tropical Atlântica, por sua origem oceânica, é uma massa de ar quente e úmida. Apresenta atividade durante o ano inteiro, mas seus efeitos variam conforme a época do ano, e geralmente favorece a estabilidade do tempo, em especial no inverno.

As massas de ar continentais (tropicais) do norte, orientadas pelo Centro de Baixa do Chaco através das planícies interioranas como correntes de noroeste, são responsáveis pelo aquecimento da área no verão e por um aumento da umidade e precipitação. Geralmente essas correntes de noroeste estão ligadas a um aumento da instabilidade e fortes trovoadas.

A Massa Polar Atlântica tem participação atuante na circulação regional. Tem origem sobre o oceano, no sul do continente, sendo dividida em dois ramos: um Polar Atlântico e

outro Polar Pacífico. Na sua trajetória, a oeste dos Andes, sofre pressão da Massa Tropical Pacífica, originando um fluxo que muitas vezes consegue transpor a cordilheira e vem reforçar a Massa Polar Atlântica, tornando-a mais potente. Este sistema ocasiona queda das temperaturas e instabilidade acentuada. Durante o inverno, devido à intensificação da circulação, as altas polares são mais violentas, mais numerosas e mais duradouras, provocando chuvas prolongadas. Já no verão, quando o ar frio não tem a mesma intensidade, atenua-se o contraste térmico e os anticiclones decrescem em valor de frequência.

Para Moreno (1961), Mota *et al.* (1971) e Nimer (1979), o RS apresenta chuvas bem distribuídas ao longo do ano, variando de 1200 a 2000 mm em quase todo o território.

No que concerne à temperatura, as isotermas anuais são típicas de zona temperada, ao redor de 18°C, e sua distribuição está estreitamente condicionada à latitude, maritimidade e, principalmente, ao relevo (fator geográfico, por excelência) (Nimer, 1979). Embora, esteja situado numa região temperada, o verão no RS apresenta temperaturas elevadas, em torno de 40°C. Janeiro é o mês mais quente. O inverno pode ser considerado acentuado com a temperatura chegando a 0°C e, não raras vezes, descem a valores negativos, tornando notável a ocorrência de geadas e, eventualmente, numa área extremamente restrita do Estado, ocorre precipitação de neve. Julho é o mês mais frio.

A região central e noroeste são as regiões mais quentes do Estado, enquanto que o nordeste, onde se encontram as áreas mais elevadas, é a região mais fria.

#### 4. A VEGETAÇÃO DO RIO GRANDE DO SUL

Originalmente, o Rio Grande do Sul (RS) apresentava uma área equivalente a um terço coberta por florestas e o restante ocupado por campos e formações pioneiras (Rambo, 1956).

Apesar da presença de formações campestres, o RS apresenta um ambiente fitoclimático favorável para formações florestais (Rambo, 1956; Buriol *et al.* 2006, 2007). Conforme Lindman (1906), Rambo (1951), Sehnem (1979) e Jarenkow & Waechter (2001) as formações campestres são testemunhos de um paleoclima com características marcadamente distintas às do clima atual, por vezes, favorecidas também pelas condições edáficas (Rambo, 1956).

Juntamente com o clima, a geomorfologia regional tem um papel importante na distribuição da vegetação no RS (Jarenkow & Waechter, 2001).

Os diferentes regimes climáticos que dominaram em épocas distintas no RS motivaram processos migratórios, permitindo atualmente identificar na vegetação sul-riograndense a influência da flora tropical, andina e austral (Rambo, 1961; Backes, 1999; Leite, 2002).

O conhecimento da geografia florística do RS deve-se, sobretudo, a uma série de trabalhos publicados por Rambo (1951, 1956, 1961) tratando de diversos aspectos fitogeográficos do Estado, como centros de origem, rotas de migração, gradientes de riqueza, limites de distribuição e áreas de endemismos (Waechter, 2002).

Rambo (1951) relata que no RS há interpenetração de dois contingentes tropicais que migraram do norte do país e que formam grande parte do maciço florestal do Estado, concentrando-se, principalmente, no norte, ao longo da base, e na encosta do Planalto Meridional. Um contingente migratório ocorre a oeste do Estado (interior), caracteristicamente mesófilo ou estacional e o outro a leste, higrófilo ou pluvial (atlântico). Para Sehnem (1979), embora estes dois contingentes apresentem muitos elementos idênticos, também revelam diferenças notáveis.

O contingente oeste apresenta-se como o mais importante em função de sua composição florística, amplitude da área de expansão e presença local mais antiga (Rambo, 1961).

O contingente atlântico penetra no RS pela “Porta de Torres”. Na altura de Osório, contorna a borda do Planalto, dirigindo-se para o oeste, alcançando áreas entre Santa Cruz do Sul e Santa Maria. Algumas espécies conseguem avançar mais para o sul, pela Planície Costeira e encosta do Escudo sul-rio-grandense.

O contingente vindo do oeste tem como seu centro de origem as florestas das Bacias dos Rios Paraná e Uruguai que se expandem pelos vales dos tributários do Rio Uruguai, na porção mais rebaixada do planalto, no noroeste do RS. Um contingente considerável consegue ainda ultrapassar os divisores de águas e descem ao longo das calhas dos afluentes do Rio Jacuí, chegando à encosta meridional do planalto e mesmo até mais ao sul (Rambo, 1961). As espécies deste contingente contornam a encosta do planalto em Osório e avançam para o norte, até o sul de Santa Catarina.

Nas porções mais altas e frias do planalto ocorrem as Matas com Araucária e Campos de Cima da Serra, consistindo em remanescentes de um período climático anterior mais seco e frio, o que favoreceu a expansão de elementos australásicos. A tropicalização do clima está promovendo a substituição desta flora pela tropical (Leite & Klein, 1990).

O IBGE (1992) propôs um sistema de classificação da vegetação brasileira baseado em um extenso levantamento botânico denominado de Projeto RadamBrasil, liderado por Teixeira *et al.* (1986). Tal classificação utilizou-se da fisionomia, ecologia e do clima. De acordo com o IBGE (1992), o RS pode ser enquadrado em nove regiões fitoecológicas, sendo que a vegetação campestre forma as regiões da savana, estepe e savana estépica situadas, principalmente, no sul do Estado.

A vegetação florestal ocorre nas regiões fitogeográficas da Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual. Ainda, ocorrem Áreas de Formações Pioneiras e Áreas de Tensão Ecológica (Fig. 1). Estas florestas integram o Domínio da Mata Atlântica conforme Decreto Federal nº. 750/93.

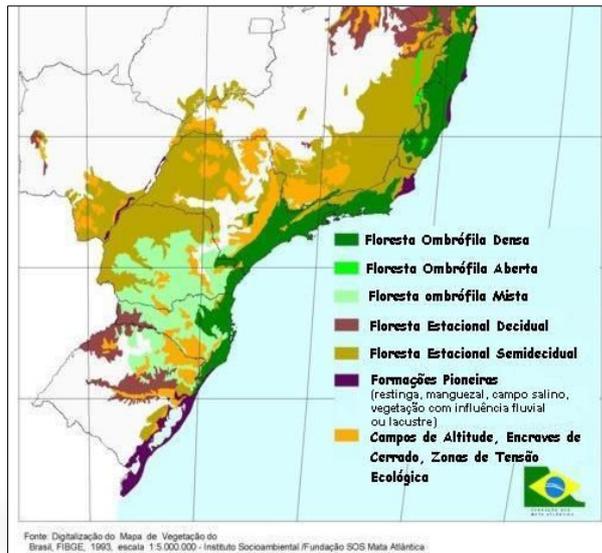


Figura 1. Regiões fitoecológicas do Rio Grande do Sul e suas interligações com demais regiões do Brasil.

Fonte: [www.sosma.org.br](http://www.sosma.org.br). Acesso em: 11 dez. 2008

As formações florestais existentes no RS apresentam as seguintes características bioclimáticas, fisionômicas e ecológicas:

- **Floresta Ombrófila Densa:** recebe várias designações, entre as mais comuns pode-se citar: Floresta Pluvial Tropical, Floresta Perenifolia Atlântica e Mata Atlântica (*stricto sensu*). Trata-se de uma classe de formação em zona extratropical, e por isto mesmo, desfalcada de algumas espécies típicas e provida de endemismos, tem características nitidamente tropicais, sendo um prolongamento da faixa florestal que acompanha a costa brasileira desde o Rio Grande do Norte (Leite & Klein, 1990). Sua característica ecológica principal reside nos ambientes ombrófilos com elevadas temperaturas e alta precipitação bem distribuída durante o ano, o que determina uma situação bioecológica praticamente sem período biologicamente seco, conferindo ausência de proteção das gemas foliares (IBGE, 1992). Sua penetração até Torres e Osório resultou da ocorrência de médias térmicas em geral superiores a 15°C sendo que as elevações costeiras funcionam como agente ascensional das massas de ar carregadas de umidade que resultam em chuvas abundantes mantendo elevada a umidade relativa do ar durante todo o ano (Leite & Klein, 1990; Leite, 1995). Para os mesmos autores, caracteriza-se por apresentar três estratos definidos: o estrato superior, formado por dominantes de 25 e 35 m de altura, ou mais, como *Ocotea catharinensis* Mez (canela-preta), *Sloanea monosperma* Vell. (sapopema), *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg. (tanheiro), *Ficus cestrifolia*

Schott (figueira-branca), *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (guapuruvu) e *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (angico); a submata, formada de arvoretas até 9 m de altura, em que domina *Euterpe edulis* Mart. (palmiteiro) e o guamirim-de-folhas-miúdas (*Myrceugenia myrcioides* (Cambess) O. Berg (guamirim-de-folhas-miúdas) e outras; o estrato arbustivo com cerca de 3 m de altura, formado por inúmeras espécies entre as quais se encontram *Geonoma gamiova* B. Rodr. (palmeira-gemiova), *Dicksonia sellowiana* Hook. (xaxim) (Fig. 2). É importante destacar os ambientes altomontanos, situados em altitudes superiores a 1.000 m, onde ocorre vegetação na encosta abrupta denominada de mata nebulosa, uma vez que durante grande parte do ano se encontram-se sob densa neblina. Esta vegetação é formada por um número pequeno de espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas, dentre as quais sobressaem as espécies *Weinmannia humilis* Engl.(gramimunha-miúda), *Siphoneugena reitzii* D. Legrand (cambuí), *Drimys brasiliensis* Miers (casca d'anta), *Dicksonia sellowiana* Hook. (xaxim) e *Gunnera manicata* Linden ex André (urtigão). Os solos que dominam nos ambientes desta floresta são os chernossolos háplico órtico e neossolos regolítico eutrófico (Streck *et al.*, 2008).

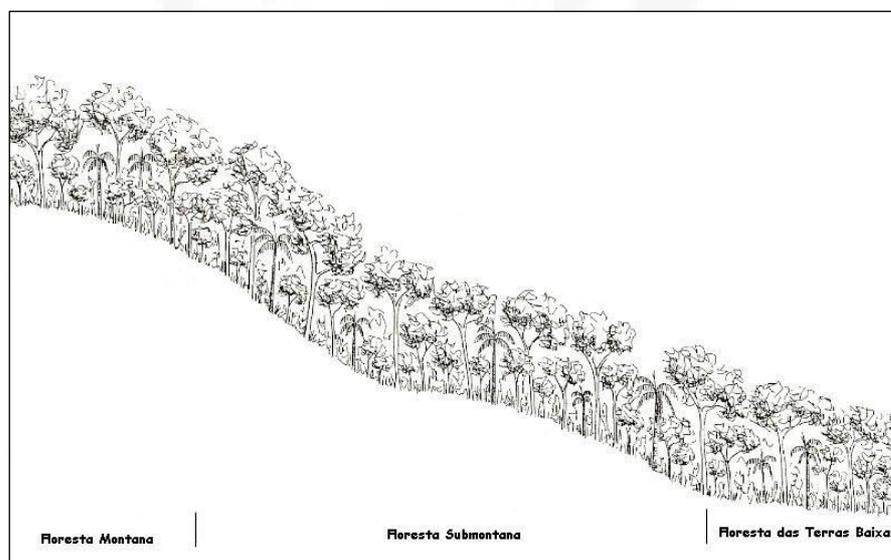


Figura 2. Perfil esquemático da Floresta Ombrófila Densa.

Fonte: Teixeira *et al.* (1986), p. 566.

- **Floresta Ombrófila Mista:** esta floresta também é conhecida como Mata de Araucária. Sua concepção procede da ocorrência da mistura de floras de diferentes origens, definindo padrões fitofisionômicos típicos em zona predominantemente extratropical pluvial. Na área ocorre a coexistência de representantes da flora tropical e australásica (Leite & Klein, 1990; Leite, 1995) com marcada presença das espécies *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.

Ktze. (araucária) e *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl. (pinheiro-bravo) (Leite & Klein, 1990; Leite, 1995, 2002). Conforme Teixeira *et al.* (1986), a área mais representativa da floresta é formada por dois estratos e indivíduos emergentes: estrato dominante – *Ocotea pulchella* (Nees) Mez. (canela-lageana), *Ocotea puberula* (Rich.) Nees (canela-sebo), *Prunus myrtifolia* (L.) Urb. (pessegueiro-bravo), *Mimosa scabrella* Benth. (bracatinga) e muitas outras; estrato dominado – *Lithraea brasiliensis* Marchand (aroeira-brava), *Myrceugenia euosma* (O. Berg) D. Legrand (guamirim), *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. (erva-mate), além de outras e os indivíduos emergentes – *Araucaria angustifolia* (Fig. 3). Conforme Leite & Klein (1990), a Araucária e outras espécies desta Floresta encontram, no clima atual, condições favoráveis ao seu desenvolvimento nas altitudes superiores a 500 / 600 m, em todas as situações não diretamente afetadas pela influência marítima. A área que melhor representa a Floresta Ombrófila Mista caracteriza-se pela ausência de estação seca e ocorrência de longo período frio (superior a três meses) com temperaturas médias inferiores a 15°C e o período quente anual (temperatura média de 20°C) é geralmente curto ou ausente (Leite & Klein, 1990; Leite, 1995). Os solos que dominam nos ambientes desta formação florestal são os latossolos vermelho distrófico, cambissolos háplico distróficos, neossolos regolítico eutrófico e distrófico, argissolos vermelho-amarelo alumínico e nitossolos vermelho-distroférrico (Streck *et al.* 2008).

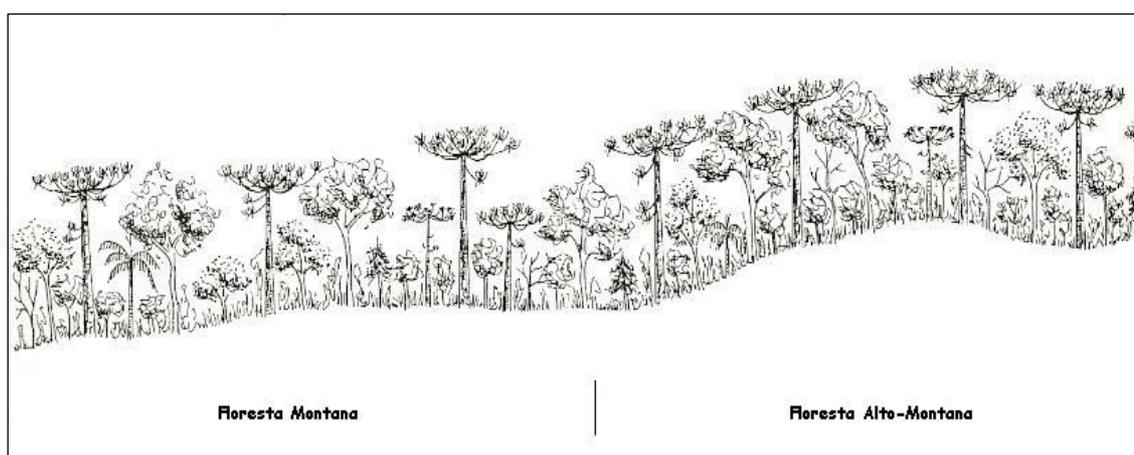


Figura 3. Perfil esquemático da Floresta Ombrófila Mista.

Fonte: Teixeira *et al.* (1986), p. 586.

- **Floresta Estacional Semidecidual:** também chamada de Floresta Tropical Subcaducifólia. Sua fisionomia é marcada pelo fenômeno da estacionalidade e semideciduidade foliar. A queda foliar das espécies desta região atinge de 20 a 50% da

cobertura superior da floresta. Conforme Teixeira *et al.* (1986), no RS a semideciduidade ocorre sob clima tipicamente ombrófilo (sem período seco), porém com quatro meses ao ano de temperaturas médias inferiores a 15°C. Nesta, a intensidade do frio é apontada como a causa do fenômeno da estacionalidade foliar. No RS a diferença entre as florestas decíduais e semidecíduais é dada pela ausência de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr. (grápia) e pela presença de algumas espécies da Floresta Ombrófila Densa nesta formação florestal. A grápia é uma das grandes responsáveis pela fitofisionomia caducifólia. É uma formação florestal com fisionomia exuberante (árvores de até 30 e 35 m de altura). Por isso, observa-se maior pobreza em formas de vida do que as florestas ombrófilas. A floresta é formada por um estrato contínuo são frequentes *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez (canela-preta), *Cordia americana* L. Gottschling & J.E. Mill (guajuvira), *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. (canjerana), *Cedrela fissilis* Vell. (cedro) e *Euterpe edulis* Mart. (palmiteiro). No estrato de arvoretas e arbustos ocorrem predominantemente *Sorocea bonplandii* (Baill.) W.C. Burger, Lanjouw & Boer (cincho) e *Trichilia elegans* A. Juss. (catiguá) (Fig. 4). Também há espécies emergentes como *Ficus adhatodifolia* Schott. (figueira), *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (angico), *Helietta apiculata* Benth. (canela-veado) e *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (jerivá). É importante ressaltar que na faixa ocidental da Laguna dos Patos, no sul do RS, onde ocorre uma pequena extensão de floresta semidecidual, a composição sofre algumas variações, não se observando, por exemplo, *Euterpe edulis* (Jarenkow & Waechter, 2001; Jurinitz & Jarenkow, 2003). Os solos que dominam nos ambientes desta formação florestal são os argissolos vermelho-amarelo e vermelho distrófico, chernossolos háplico órtico e planossolos háplico eutróficos (Streck *et al.*, 2008).

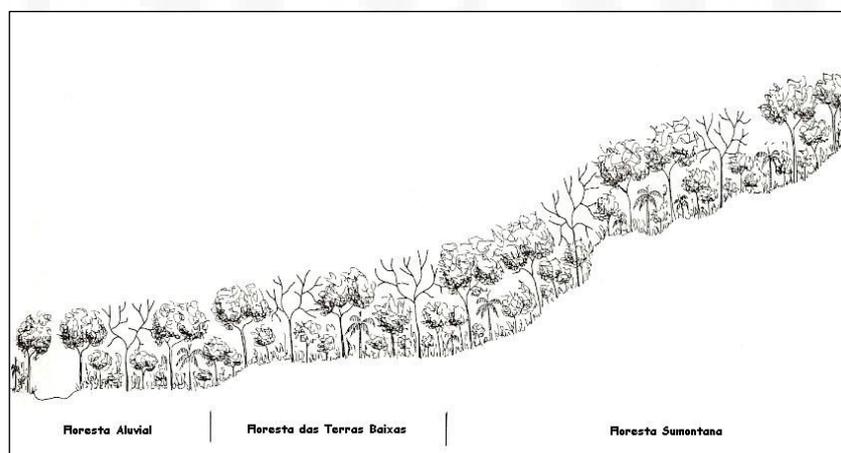


Figura 4. Perfil esquemático da Floresta Estacional Semidecidual.

Fonte: Teixeira *et al.* (1986), p. 575.

- ***Floresta Estacional Decidual***: também chamada de Floresta Tropical Caducifólia, compreende um prolongamento empobrecido da floresta da bacia do Rio Paraná onde não lograram algumas espécies perenifoliadas evidenciando o caráter estacional desta região, manifestado pela quase integral deciduidade da cobertura superior da floresta (mais de 50% dos indivíduos desprovidos de folhagem no período desfavorável). A área é tipicamente ombrófila sem período seco e com bastante intensidade e regularidade pluviométricas. Seus índices térmicos determinam dois períodos bem distintos: um de quatro a cinco meses, centrado no verão, com médias compensadas iguais ou superiores a 20°C e outro de dois a três meses, centrado no inverno, com médias inferiores a 15°C (Leite & Klein, 1990; Leite, 1995). O período com temperaturas baixas (inverno) ocasiona a estacionalidade fisiológica, exercendo sobre as plantas o mesmo efeito da seca. A estrutura da floresta é representada por um estrato arbóreo contínuo de altura não superior a 20 m, formando principalmente por espécies perenifoliadas, além de um estrato de arvoretas distintas e espécies emergentes com altura variando entre 25 e 30 m (Fig. 5). A fisionomia estacional desta floresta é determinada pelas espécies emergentes, representadas por leguminosas caducifólias, onde se destacam a *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr. (grápia) e a *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (angico); no estrato arbóreo contínuo destacam-se *Cordia americana* L. Gottschling & J.E. Mill (guajuvira), *Holocalyx balansae* Micheli (alecrim) e *Eugenia rostrifolia* D. Legrand (batinga) e no estrato de arvoretas ocorrem os gêneros *Gymnanthes*, *Sorocea* e *Trichilia*. Estudos recentes de Jarenkow & Waechter (2001), Jurinitz & Jarenkow (2003) e Bergamin & Mondin (2006) também frisam a predominância das leguminosas nas florestas estacionais do RS que conferem o caráter estacional. Nas florestas ombrófilas (densa e mista), a participação de leguminosas é bem menor. Os solos que dominam nos ambientes destas florestas são latossolos vermelho distroférico, neossolos regolítico eutrófico, planossolos háplico eutrófico, chernossolos háplico órtico e argissolos vermelho distrófico.

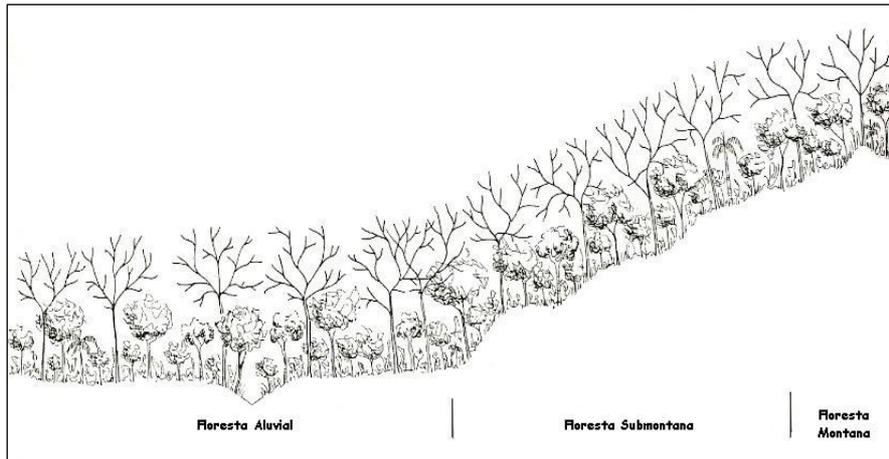


Figura 5. Perfil esquemático da Floresta Estacional Decidual.

Fonte: Teixeira *et al.* (1986), p. 580.

- **Áreas de Formações Pioneiras:** caracterizam-se pela ocorrência de uma vegetação típica das primeiras fases de ocupação de novos solos constantemente rejuvenescidos com deposições aluviais e marítimas durante o Período Quaternário. Encontram-se espécies desde herbáceas até arbóreas adaptadas às diferentes condições edáficas. As Formações Pioneiras independem do clima, mas ocorrem em temperaturas médias compensadas mensais superiores a 15°C (Litoral) e suportam temperaturas médias compensadas mensais inferiores a 15°C durante os meses de junho, julho e agosto (Planalto da Campanha). As áreas de Tensão Ecológica (Vegetação de Transição) são áreas que apresentam interpenetração de floras entre duas ou mais regiões fitoecológicas, constituindo transições florísticas. No RS, ocorre contato Savana / Estepe, Savana / Floresta Estacional, Savana / Savana Estépica e Floresta Ombrófila / “Restinga” (Formação Pioneira) (Teixeira *et al.*, 1986).

Nas seções seguintes deste trabalho, a terminologia empregada para as florestas (em estudo) do RS pelo IBGE (1992), amplamente utilizada pela comunidade científica brasileira, será substituída por uma classificação internacional criada por Walter (1986). Portanto:

- Floresta Estacional Decidual e Semidecidual  $\Rightarrow$  Floresta subtropical / temperada semicaducifólia
- Floresta Ombrófila Densa  $\Rightarrow$  Floresta pluvial tropical sempre verde

## 5. MAPEAMENTO DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

### 5.1 Introdução

O mapeamento de variáveis meteorológicas, como temperatura e precipitação pluviométrica, é de fundamental importância para os estudos climáticos.

A distribuição espacial e quantitativa da temperatura do ar e precipitação pluviométrica anual, sazonal ou mensal são as mais críticas entradas de modelos que simulam interações entre o clima, terra e biosfera (Amorim, 2005).

A demanda dos conjuntos de dados espaciais, em forma digital, tem aumentado muito nos últimos anos. Esta demanda tem sido fornecida pelo desenvolvimento acelerado de tecnologias computacionais, capacitando uma variedade de modelos de recursos naturais, hidrológicos, agrícolas e sistemas especializados relacionados ao Sistema de Informação Geográfica (SIG) (Ferreira *et al.*, 1971; Buriol *et al.*, 1973; Estefanel *et al.*, 1973; Valeriano & Picini, 2000).

A grande extensão territorial do Rio Grande do Sul (RS), a exemplo do que ocorre em outros estados brasileiros, impede que muitas localidades apresentem séries históricas longas de dados meteorológicos que viabilizem os estudos climáticos (Valeriano & Picini, 2000; Sediyaama & Melo Júnior, 1998). Por conseguinte, justifica-se a utilização de SIG integrado com técnicas de Modelagem Matemática para realizar a estimativa e a espacialização de variáveis meteorológicas, facilitando a verificação da distribuição destas variáveis no espaço e tempo, bem como a associação com diferentes fatores ambientais.

A temperatura do ar é um elemento que pode ser simulado, entre outras formas, por modelos que consideram apenas os fatores geográficos altitude, latitude e longitude (Pedro Júnior *et al.*, 1991; Medeiros *et al.*, 2005; Ferreira *et al.*, 1971). Neste contexto, a utilização de equações de regressão múltipla têm produzido resultados satisfatórios, como pode ser observado em trabalhos semelhantes realizados para diversos estados brasileiros, dentre os quais destacamos Valeriano & Picini (2000) para São Paulo, Pezzopane *et al.* (2004) para o Espírito Santo e Ichiba (2006) para o Paraná.

A precipitação pluviométrica, pode ser estimada, a partir da adoção de métodos de interpolação espacial, sendo a *kriging* a técnica mais utilizada. Esta técnica adota o princípio que a correlação espacial entre observações vizinhas pode prever valores para locais não-amostrados (Carvalho & Assad, 2005). Vários trabalhos foram realizados com essa técnica, dentre os quais podemos citar Reis *et al.* (2005) para o estado de Goiás e Distrito Federal, Carvalho & Assad (2005) para São Paulo, entre outros.

Tendo em vista a importância dessas variáveis meteorológicas em estudos climáticos para as mais diversas áreas do Conhecimento, e por causa da carência de trabalhos científicos relacionados à espacialização de variáveis meteorológicas para o RS, surge a proposta de realização da estimativa e da espacialização da temperatura (média, média da mínima e média da máxima) do mês mais frio (julho) e do mês mais quente (janeiro) para este Estado, e também a estimativa e espacialização da precipitação pluviométrica para todas as estações do ano (primavera, verão, outono e inverno).

## 5.2 Material e Métodos

### *Estimativa e Espacialização da Temperatura*

No presente estudo foram utilizados dados de temperatura média mensal, mínima e máxima do mês mais quente (janeiro) e do mês mais frio (julho) de 39 estações meteorológicas do RS correspondente ao período de 1931 – 1960 (Tab. 1) localizadas nas diferentes regiões ecoclimáticas do Estado (Fig. 6). Tais dados foram obtidos em IPAGRO (1989). A utilização de uma série histórica antiga deve-se a dificuldade de obtenção de dados meteorológicos atuais nos órgãos competentes, conforme atesta o ofício encontrado na seção “Anexos”.

Tabela 1 - Estações meteorológicas do Rio Grande do Sul com a sua respectiva região ecoclimática, coordenadas geográficas (latitude e longitude) e altitude

Estações Meteorológicas	Região Ecoclimática	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Iraí	Alto Vale do Uruguai (1)	27°11'45”	53°14'01”	222
Marcelino Ramos		27°27'40”	51°54'22”	414
Santa Rosa		27°51'50”	54°25'59”	360
Itaqui	Baixo Vale do Uruguai (2)	29°07'10”	56°32'52”	76
São Borja		28°39'44”	56°00'15”	96
Santo Ângelo	Missões (3)	28°18'14”	54°15'52”	289
São Luiz Gonzaga		28°23'27”	54°58'18”	260

Santiago		29°11'00"	54°53'10"	425
Cruz Alta		28°38'21"	53°36'34"	730
Passo Fundo	Planalto Médio	28°15'39"	52°24'33"	667
Palmeira das Missões	(4)	27°53'55"	53°26'45"	634
Soledade		29°03'14"	52°26'00"	716
Bento Gonçalves		29°10'00"	51°25'00"	610
Bom Jesus		28°40'10"	50°26'25"	1.047
Caxias do Sul	Planalto Superior e Serra do	29°10'25"	51°12'21"	787
Guaporé	Nordeste	28°55'44"	51°54'45"	471
Lagoa Vermelha	(5)	28°25'35"	51°35'51"	815
São Francisco de Paula		29°20'00"	51°30'21"	912
Vacaria		28°23'00"	50°42'21"	960
Alegrete		29°46'47"	55°47'15"	121
Bagé	Campanha	31°20'13"	54°06'21"	216
Santana do Livramento	(6)	30°53'18"	55°31'56"	210
São Gabriel		30°20'27"	54°19'01"	124
Uruguaiana		29°45'23"	57°05'12"	74
Cachoeira do Sul		30°02'45"	52°53'39"	72
Santa Maria	Depressão Central	29°41'25"	53°48'42"	95
Porto Alegre	(7)	30°01'53"	51°13'19"	10
Taquara		29°45'00"	50°45'00"	35
Taquari		29°48'15"	51°49'30"	76
Santa Cruz do Sul	Encosta Inferior da Serra do Nordeste	29°43'05"	52°25'45"	52
	(8)			
Caçapava do Sul	Serra do Sudeste	30°30'32"	53°29'22"	450
Encruzilhada do Sul	(9)	30°32'35"	52°31'20"	427
Piratini		31°26'54"	53°06'09"	345
Jaguarão	Grandes Lagoas	32°33'32"	53°23'20"	50
Pelotas	(10)	31°45'00"	52°21'00"	7
Tapes		30°50'00"	51°35'00"	5
Rio Grande	Litoral	32°01'44"	52°05'40"	5
Santa Vitória do Palmar	(11)	33°31'14"	53°21'47"	5
Torres		29°20'34"	49°43'39"	6

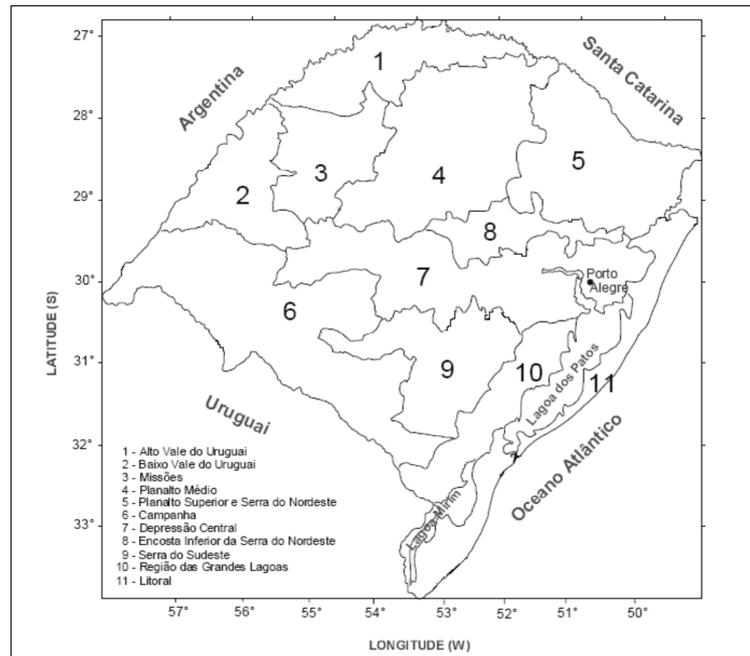


Figura 6. Localização das regiões ecoclimáticas no Rio Grande do Sul.

Fonte: Adaptado de Maluf & Caiaffo (2001)

A estimativa das temperaturas nas diversas regiões ecoclimáticas do Estado foi realizada a partir do método de regressão múltipla espacial utilizando o *software* Idrisi (Eastman, 2006). De acordo com o modelo múltiplo espacial (1), a temperatura foi considerada a variável independente (preditante) enquanto que a altitude, a latitude e a longitude foram as variáveis independentes (preditores).

$$Y = a_0 + a_1 \text{alt} + a_2 \text{lat} + a_3 \text{long}, \quad (1)$$

onde: **Y**: temperatura do ar em °C; **alt**: altitude em m; **lat**: latitude em graus decimais; **long**: longitude em graus decimais; **a<sub>0</sub>**, **a<sub>1</sub>**, **a<sub>2</sub>** e **a<sub>3</sub>**: coeficientes da equação de regressão.

Na verificação da hipótese de utilização das equações de regressão para a estimativa da temperatura nas modalidades em consideração foi realizada uma avaliação da significância do coeficiente de determinação múltipla ( $r^2$ ) e do coeficiente de correlação múltipla ( $r$ ). Para complementar a validação do modelo, foram avaliados os coeficientes das equações de regressão ( $a_n$ ) através do teste “t” de Student aos níveis de 1% e 5% de significância. Além disso, as equações foram avaliadas por intermédio do teste “F” de Snedecor aos níveis de 1% e 5% de significância.

A partir da validação do modelo de cada modalidade de temperatura, iniciou-se o processo de espacialização fazendo-se uso do *software* mencionado anteriormente. Os mapas foram gerados, aplicando-se cada equação sobre as imagens digitais de altitude, latitude e longitude (Fig. 7). Utilizou-se como mapa de altitude o modelo numérico de terreno elaborado pela UFRGS (2004) que foi derivado de dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission).

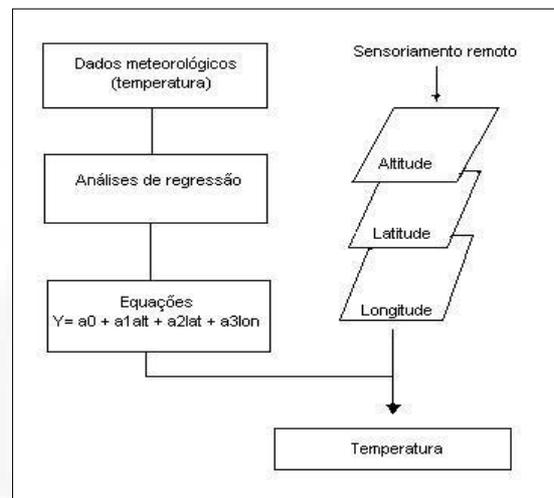


Figura 7. Fluxograma do procedimento adotado para a geração dos mapas de temperatura.

### ***Estimativa e Espacialização da Precipitação Pluviométrica***

Neste estudo, foram digitalizadas e georreferenciadas as isolinhas de precipitação pluviométrica dos mapas de cada estação do ano (primavera, verão, outono e inverno) produzido por Matzenauer *et al.* (2007) através do *software* Idrisi (Eastman, 2006).

A partir da aplicação do método de triangulação, que consiste numa interpolação, produziu-se o modelo digital de terreno com a espacialização da precipitação pluviométrica no RS com as isolinhas inicialmente digitalizadas.

## **5.3 Resultados e Discussão**

### ***Condições Térmicas do RS***

#### ***Temperatura do mês mais frio***

A magnitude do coeficiente de correlação múltipla ( $r$ ) indica que há uma boa associação das variáveis predictoras (altitude, latitude e longitude) com o comportamento das diferentes modalidades de temperaturas (média, mínima e máxima) no mês mais frio (julho). O efeito combinado da altitude, latitude e longitude explicam, respectivamente, 83%, 81% e

61% da variação da temperatura média, máxima e mínima conforme resultados dos coeficientes de determinação múltipla ( $r^2$ ) (Tab. 2).

Tabela 2 - Valores dos coeficientes de correlação múltipla ( $r$ ) e de determinação múltipla ( $r^2$ ) da temperatura média, máxima e mínima do mês mais frio (julho) no Rio Grande do Sul

Coeficientes	Temperatura média	Temperatura máxima	Temperatura mínima
$r$	0,91	0,90	0,78
$r^2$	0,83	0,81	0,61

A temperatura mínima apresentou o menor valor de influência das variáveis preditoras consideradas, apenas 61%, indicando que há outros fatores, não considerados pelo modelo proposto, influenciando mais fortemente neste caso, quando comparados com as outras modalidades de temperaturas. Segundo Pedro Júnior *et al.* (1991) e Pimentel (2007), dentre esses fatores, pode-se destacar certas particularidades como configuração e exposição aos raios solares do relevo local das diferentes regiões do Estado que criam condições topoclimáticas muito individualizadas, afetando o resfriamento e as temperaturas mínimas resultantes. A proximidade de grandes massas de água também pode influenciar no comportamento das temperaturas mínimas, especialmente, na região leste do Estado (litoral) que sofre o efeito da maritimidade promovido pelo Oceano Atlântico. Este fato também foi evidenciado por Buriol *et al.* (1973), Estefanel *et al.* (1973), Cargnelutti Filho *et al.* (2006) e Pimentel (2007) que constataram que no inverno outras variáveis não integrantes no modelo exercem notável influência na temperatura mínima.

Analisando o efeito individualizado de cada variável preditora (Tab. 3), observa-se que a latitude apresenta influência não-significativa na explicação da variabilidade da temperatura em todas suas modalidades. Contudo, a altitude mostrou-se significativa ao nível de 0,01 (1%) de probabilidade em todas as modalidades. Isto pode estar associado à movimentação e atuação das massas de ar polar, que ingressam pelo sul e oeste do Estado, e consistem nos principais sistemas meteorológicos no inverno promovendo a queda das temperaturas (Moreno, 1961; Vieira, 1984). Moreno (1961), ainda reforça que a altitude concorre para o abaixamento da temperatura. Desta forma, a região nordeste do Estado, que apresenta as maiores altitudes, constitui-se a região mais fria, sendo determinada primordialmente pelo efeito da altitude.

Tabela 3 – Significância estatística dos coeficientes individuais das equações de regressão múltipla para estimativa da temperatura média, máxima e mínima do mês mais frio (julho) no Rio Grande do Sul

Modalidade da Temperatura	Coeficientes da Equação de Regressão			
	a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>
Média	8,8593 **	-11,4741 **	0,0531 <sup>ns</sup>	9,4412 **
Máxima	9,2173 **	-7,9469 **	-0,7308 <sup>ns</sup>	11,3146 **
Mínima	3,7668 **	-6,9844 **	0,4308 <sup>ns</sup>	3,3099 **

Nota: <sup>ns</sup> Não-significativo. \* e \*\* Significativo a nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, conforme teste “t” de Student.

O fator longitude, intimamente associado ao efeito da continentalidade, apresentou nível de significância bastante elevado, superior a 99%, em todas as modalidades de temperatura, evidenciando que este efeito tem influenciado o comportamento das temperaturas no mês de julho.

No mês mais frio do ano (julho), auge do inverno, dentre os fatores climáticos considerados no modelo para a estimativa da temperatura da média e mínima, os que exercem maior influência são a altitude e a longitude, respectivamente.

A influência sobre a temperatura máxima se dá na respectiva ordem de importância dos fatores longitude e altitude, apontando que o efeito da continentalidade favorece a ocorrência de temperaturas elevadas no mês mais frio, sobretudo no oeste do Estado, ou seja, esta região apresenta valores térmicos extremos (Moreno, 1961).

#### ***Temperatura do mês mais quente***

A análise da magnitude do coeficiente de correlação múltipla (r) indica que há uma boa associação das variáveis predictoras (altitude, latitude e longitude) com o comportamento das temperaturas média, mínima e máxima no mês mais quente (janeiro). O efeito combinado da altitude, latitude e longitude explicam, respectivamente, 88%, 58% e 82% da variação da temperatura média, máxima e mínima (Tab. 4).

Tabela 4 – Valores dos coeficientes de correlação múltipla ( $r$ ) e de determinação múltipla ( $r^2$ ) da temperatura média, máxima e mínima do mês mais quente (janeiro) no Rio Grande do Sul

Coeficientes	Temperatura média	Temperatura máxima	Temperatura mínima
$r$	0,94	0,76	0,91
$r^2$	0,88	0,58	0,82

A aplicação da correlação múltipla para a estimativa da temperatura máxima não apresentou um desempenho muito satisfatório (58%), indicando que há fatores não considerados no modelo influenciando a variabilidade da mesma.

Semelhante ao que ocorreu com o comportamento das temperaturas mínimas no mês de julho, entende-se que os efeitos topoclimático e microclimático também possam estar influenciando o comportamento das temperaturas máximas, dentre os quais, pode-se destacar a presença de centros urbanos, que criam o fenômeno “ilha de calor” que consiste numa anomalia térmica onde as temperaturas tornam-se mais elevadas nos centros urbanos devido à urbanização e impermeabilização do solo do que nas suas periferias, geralmente mais vegetadas (Lombardo, 1985) e a proximidade de grandes massas de água que desempenham um papel regulador da temperatura, diminuindo os contrastes térmicos (Moreno, 1961).

Na análise da magnitude dos valores de significância do teste “t” as variáveis que exercem maior influência na variação da temperatura média e máxima no mês mais quente do ano (janeiro) são altitude, longitude e latitude, respectivamente. Nestas modalidades, verifica-se o aumento da participação da latitude na influência da temperatura, se comparado com o mês de julho, tornando-se, assim, estatisticamente significativa. Contudo, a latitude ainda é não-significativa na explicação do comportamento das temperaturas mínimas (Tab. 5).

A importante participação da altitude na influência do comportamento da temperatura no mês de janeiro está de acordo com as abordagens de Nimer (1979), ao colocar que cabe quase exclusivamente ao relevo o controle da distribuição da temperatura durante o verão.

Tabela 5 – Significância estatística dos coeficientes individuais das equações de regressão múltipla para estimativa da temperatura média, máxima e mínima do mês mais quente (janeiro) no Rio Grande do Sul

Modalidade da Temperatura	Coeficientes da Equação de Regressão			
	a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>
Média	4,7069 **	-11,5323 **	-5,1099 **	6,3546 **
Máxima	1,8096 *	-4,1671 **	-3,2527 **	3,7012 **
Mínima	6,1859 **	-11,3254 **	-0,6256 <sup>ns</sup>	4,9514 **

Nota: <sup>ns</sup> Não-significativo. \* e \*\* Significativo a nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, conforme teste “t” de Student.

### *Validação dos modelos para a estimativa da temperatura*

A análise dos resultados do teste “t” para cada variável do modelo utilizado apresentou valores não-significativos para o fator latitude na estimativa da temperatura mínima nos meses de janeiro e julho, e nas temperaturas máxima e média em julho. Contudo, os resultados obtidos após a aplicação do teste “F” de Snedecor apontam uma probabilidade superior a 0,99 (99%) de que todas as equações de regressão múltipla geradas possam ser usadas com eficiência para o cálculo da estimativa temperatura média, média das mínimas e médias das máximas do RS (Tab. 6).

Tabela 6 – Significância estatística dos modelos de regressão múltipla para estimativa da temperatura média, máxima e mínima do mês mais quente (janeiro) e frio (julho) no Rio Grande do Sul

Mês	Temperatura média
Janeiro	82,07 **
Julho	56,95 **
Mês	Temperatura máxima
Janeiro	16,27 **
Julho	49,78 **
Mês	Temperatura mínima
Janeiro	54,08 **
Julho	18,60 **

Nota: <sup>ns</sup> Não-significativo. \* e \*\* Significativo ao nível de 0,05 (5%) e 0,01 (1%) de probabilidade, respectivamente, conforme teste “F” de Snedecor.

A validação das equações permitiu a espacialização das diferentes modalidades de temperatura sobre as imagens digitais de altitude, latitude e longitude, gerando mapas com grande nível de detalhamento da disponibilidade térmica (Fig. 8, 9 e 10). Estas figuras encontram-se ampliadas na seção “Anexos”.

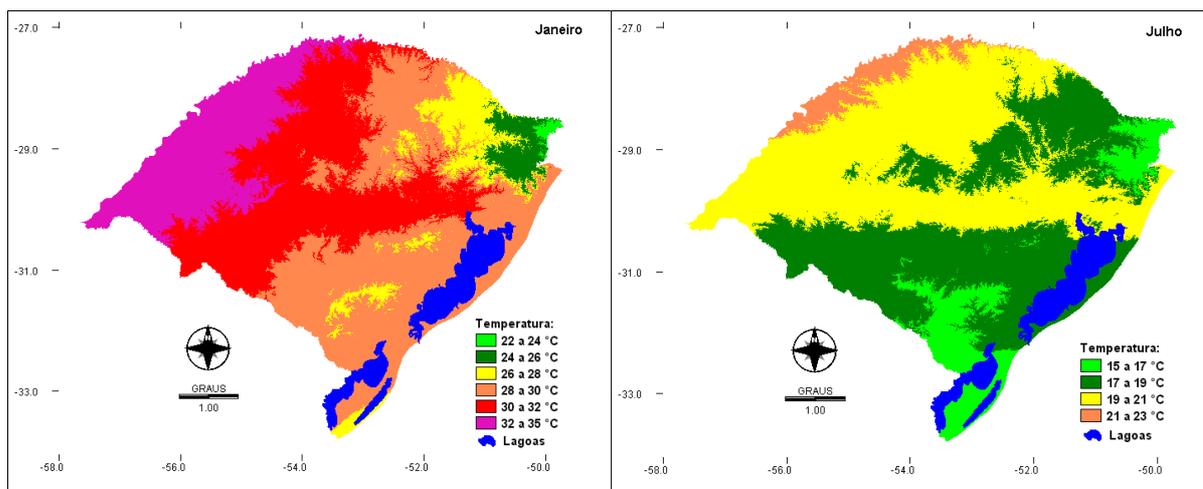


Figura 8. Temperatura média máxima do ar (°C) nos meses de janeiro e julho no Rio Grande do Sul.

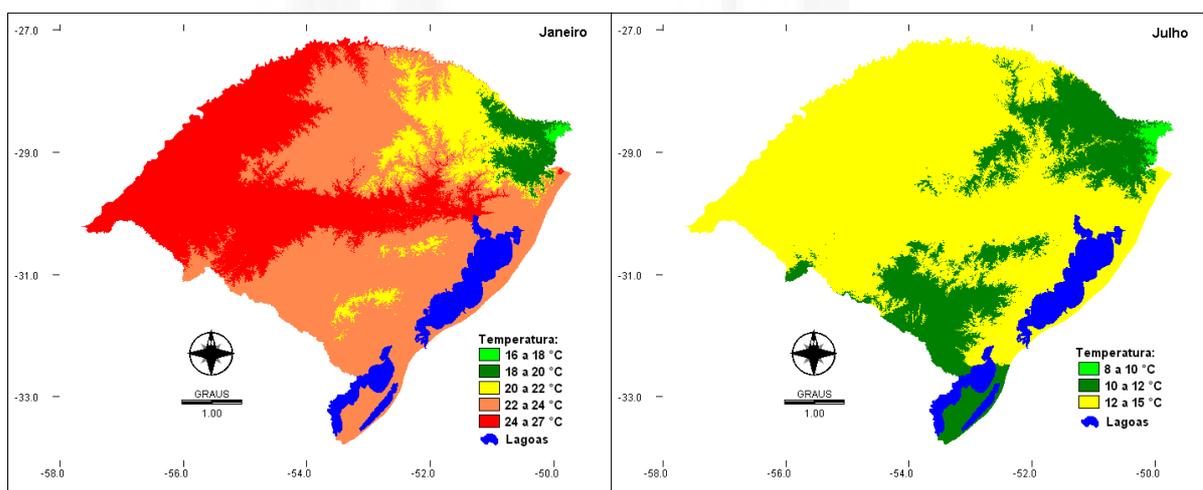


Figura 9. Temperatura média do ar (°C) nos meses de janeiro e julho no Rio Grande do Sul.

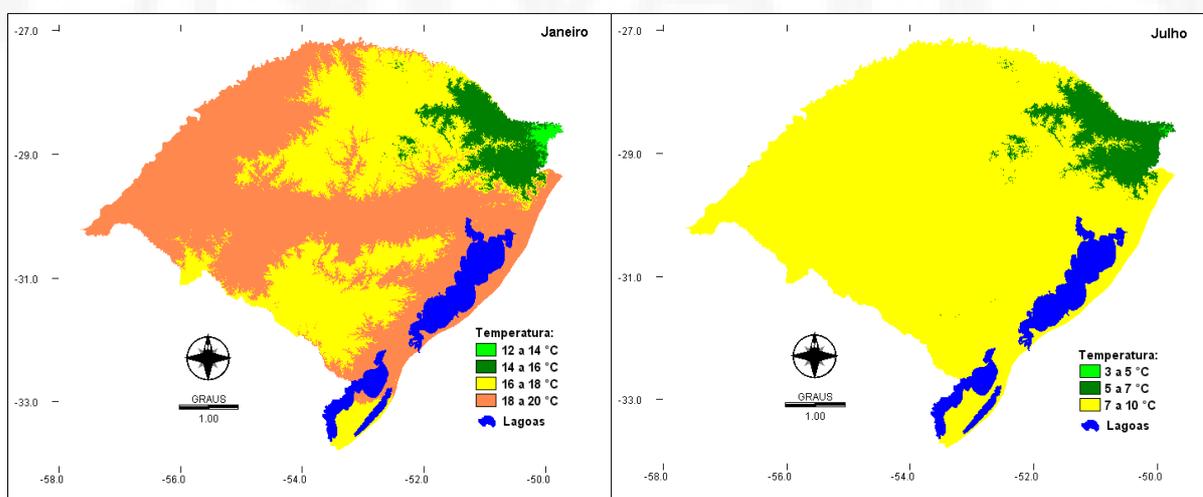


Figura 10. Temperatura média mínima do ar (°C) nos meses de janeiro e julho no Rio Grande do Sul.

### ***Condições Pluviométricas do RS***

A análise da precipitação pluviométrica no RS aponta que há diferenças no comportamento nas diferentes estações para as mais diversas regiões do Estado (Fig. 11 e 12). Estas figuras encontram-se ampliadas na seção “Anexos”.

Nas estações primavera, verão e inverno verifica-se nitidamente que a região norte do Estado concentra o maior volume médio de chuva, sendo a primavera a estação mais chuvosa do ano, ocorrendo volumes superiores a 550 mm. Os menores volumes de chuva são observados na estação do inverno no sul e, especialmente, no sudoeste do Estado. Resultados semelhantes foram encontrados por Britto *et al.* (2008).

Esta concentração das chuvas na metade norte do Estado deve-se à dinâmica dos sistemas frontais, que ao chegar nesta Região, ocorre o efeito barlavento provocado pelo Planalto Meridional, daí ocorrendo maior precipitação pluviométrica, principalmente no inverno e primavera, quando também a passagem destes sistemas são mais frequentes e intensos.

No verão, o aumento da participação dos centros de ação de origem tropical e a alta intensidade do calor associado aos elevados índices de umidade são os grandes responsáveis pelas chuvas no Estado e devido, ao efeito do relevo, os maiores volumes de chuva concentram-se, principalmente, na região nordeste (Britto *et al.*, 2008).

A análise do comportamento estacional da chuva torna evidente que na maior parte do ano a quantidade de chuva é menor nas regiões de maior latitude (metade sul do Estado) se comparado com as regiões de menor latitude (metade norte), em especial, nordeste do Estado.

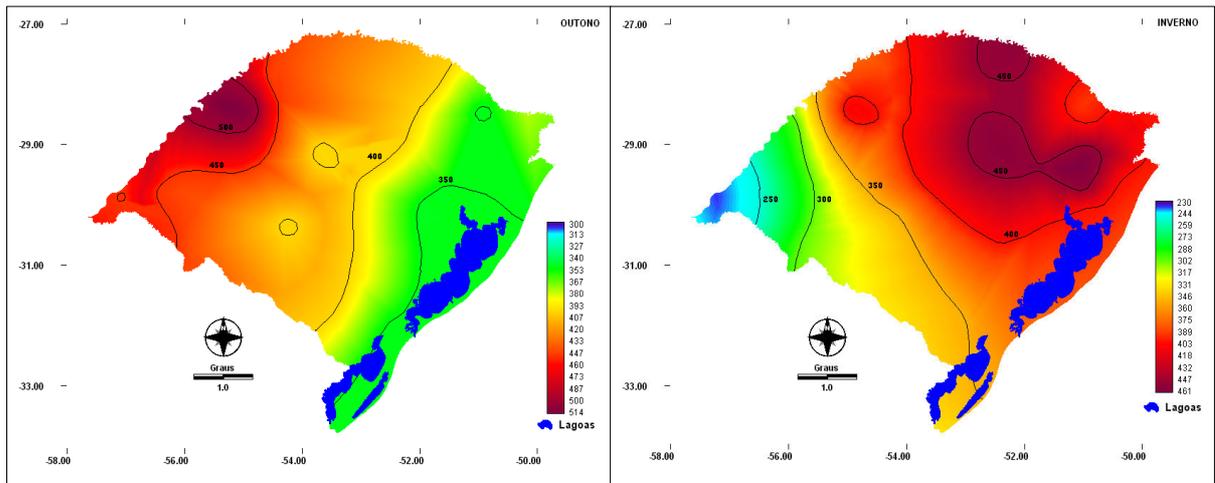


Figura 11. Precipitação pluviométrica (mm) nas estações outono e inverno no Rio Grande do Sul.

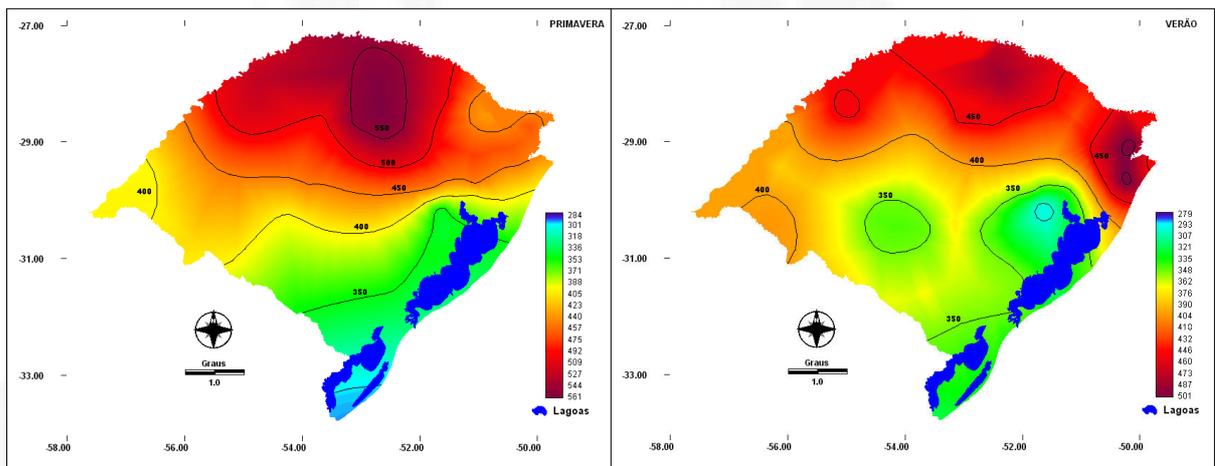


Figura 12. Precipitação pluviométrica (mm) nas estações primavera e verão no Rio Grande do Sul.

## 6. ZONEAMENTO DO FITOCLIMA E DISTRIBUIÇÃO DAS FORMAÇÕES FLORESTAIS DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

### 6.1 Introdução

Os padrões geográficos atuais das florestas do Rio Grande do Sul (RS) resultam de processos dinâmicos de longo prazo, geralmente associados a mudanças geológicas e flutuações climáticas (Waechter & Jarenkow, 2003).

Concernente às mudanças geológicas, pode-se destacar como principais fatores determinantes da diversidade florística e padrões de distribuição da vegetação - a localização tipicamente subtropical com latitudes médias, reduzida continentalidade e relativa diversidade de substratos geológicos (Waechter, 2002). As flutuações climáticas ocorridas ao longo do Período Quaternário, levando à ocorrência de períodos secos e frios alternados com períodos úmidos e quentes, induziram processos de expansão e retração do domínio das florestas (Mantovani, 2003; Waechter & Jarenkow, 2003), predominando, atualmente, as áreas florestais na metade norte do Estado (Lindman, 1906; Rambo, 1956).

Segundo Rambo (1956), o clima e o solo são importantes fatores que agem simultaneamente nas características da vegetação, sendo que o primeiro fator atua na determinação da formação vegetação e o segundo fator, na sua variação local. Veloso (1962) e Marchiori (2002, 2004) afirmam que o tipo de vegetação natural não se constitui, necessariamente, expressão do clima local e/ou regional, podendo ocorrer diferentes formações vegetais em uma mesma região de características climáticas semelhantes, em função das diferenças edáficas, como deficiência hídrica e condições de fertilidade.

Conforme Walter (1986), o RS apresenta florestas tropical pluvial sempre verde e subtropicais / temperadas sempre verde e semicaducifolia. As florestas tropicais do Estado derivam do prolongamento da floresta tropical atlântica que se distribui nas serras costeiras litorâneas na região sudeste do Brasil (Sehnem, 1979), sob um clima tropical chuvoso, sem nenhuma estação seca, portanto as espécies de plantas não apresentam padrões fenológicos marcados por estacionalidade climática (Mantovani, 2003). Conforme, Rambo (1951, 1956) e Sehnem (1979), estas espécies tropicais atlânticas (contingente higrófilo) chegam ao Estado pela “Porta de Torres”, estendendo-se pelo corredor estreito que ocorre desde Torres a Osório.

As florestas subtropicais / temperadas correspondem às matas de Araucária que ocorrem nas maiores altitudes do Estado no Planalto Meridional e às florestas estacionais (contingente mesófilo) que ocorrem no noroeste do Estado, conseguindo alcançar algumas porções do centro do RS. As espécies das florestas estacionais provem das florestas da Bacia do Paraná (Sehnem, 1979; Rambo, 1961), estando submetidas a um clima estacional, sendo que no período desfavorável ocorre deciduidade parcial na parte superior do dossel da floresta (Teixeira *et al.*, 1986).

Além destas duas rotas de imigração, com influência de espécies tropicais (amazônicas e atlânticas), o Estado também apresenta limites de distribuição meridional e setentrional para várias espécies chaco-pampeanas e austrais-antárticos (Porto, 2006).

O RS, que consiste um ponto de encontro de diferentes tipos de vegetação, de centros de origem variados, sob forte influência de fatores ambientais, torna-se uma interessante região para a realização de estudos da vegetação (Sehnem, 1979). Entretanto, muitos dos estudos são carentes de dados das características físicas do ambiente como, por exemplo, as climáticas, que venham a permitir uma classificação mais segura da vegetação (Scudeller, 2002; Coutinho, 2006).

Visando a aumentar o aporte de informações de parâmetros ambientais, no caso deste presente trabalho, do clima, propõe-se o estudo do panorama fitoclimático do RS, onde pretende-se responder às seguintes perguntas: o clima atual estabelece os limites fitogeográficos da floresta subtropical / temperada semicaducifólia (ou floresta estacional decidual) e floresta pluvial tropical sempre verde (floresta ombrófila densa)? A partir dos resultados alcançados, quais implicações há para a classificação fitogeográfica florestal do RS?

Uma das maneiras de sintetizar a influência dos elementos climáticos sobre a distribuição geográfica da vegetação é o uso da modelagem preditiva - uma importante ferramenta para a Ecologia, pois oferece uma visualização espacial dos dados (Siqueira, 2005), assim permitindo estabelecer com precisão os limites das regiões fitoecológicas (regiões de transição) do RS.

Neste estudo, a modelagem preditiva envolverá apenas variáveis climáticas, permitindo assim, obter uma predição da distribuição geográfica das florestas em estudo, a partir das afinidades bioclimáticas de cada formação florestal.

Os resultados deste trabalho podem futuramente ser aprimorados e utilizados para vários fins, como revisão dos limites fitogeográficos do Estado, agregando-se outras variáveis ambientais, também no planejamento de estratégias conservacionistas e predição dos efeitos de mudanças ambientais na distribuição da vegetação.

## 6.2 Material e Métodos

A realização deste estudo envolveu os seguintes passos:

### *Estabelecimento das exigências bioclimáticas das formações florestais em estudo*

As exigências bioclimáticas consideradas neste estudo foram baseadas na proposta de Teixeira *et al.* (1986) que realiza o enquadramento climático da vegetação a partir do comportamento das temperaturas nos meses mais quentes e frios e comportamento da curva ombrotérmica.

Os parâmetros de temperatura indicados por Teixeira *et al.* (1986) sofreram pequenas adaptações neste estudo e considerou-se apenas o mês mais quente (janeiro) e mais frio (julho) (Tab. 7). A temperatura média no inverno, apontada por Teixeira *et al.* (1986) como limite 15°C, sofreu um decréscimo neste estudo, pois não se encontrou nenhuma área no RS que apresentasse temperaturas superiores a 15°C no inverno. Este fato pode estar associado à influência do erro presente no modelo utilizado para a espacialização da temperatura, uma vez que os fatores climáticos (altitude e coordenadas geográficas) utilizados não explicam totalmente a variabilidade das temperaturas médias no inverno, em especial na faixa litorânea devido à forte influência marinha. Desta forma, adotou-se a isoterma de 13°C, pois coincide com a ocorrência da Floresta pluvial tropical sempre verde na sua área de ocorrência natural no Estado (corredor Torres – Osório).

Teixeira *et al.* (1986) também estipula a análise das condições térmicas no inverno, englobando os meses de junho, julho e agosto, e no verão considerando os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro. Devido ao grande volume de trabalho, estipulou-se

neste estudo como inverno apenas o mês de julho e como o verão apenas o mês de janeiro, considerados, respectivamente, pela literatura científica o mês mais frio e quente no RS.

Tabela 7 - Exigências bioclimáticas (temperatura) das Florestas Subtropical / Temperada Semicaducifólia e Pluvial Tropical Sempre Verde do Rio Grande do Sul

Florestas	Exigências Bioclimáticas - Temperatura
Subtropical / temperada semicaducifólia (contingente mesófilo)	> 20°C no verão < 13°C no inverno
Pluvial tropical sempre verde (contingente higrófilo)	> 13°C em todas as estações do ano

Apesar de Teixeira *et al.* (1986) apontar que em todo o território do Estado a curva ombrotérmica é positiva na relação  $P \leq 3T$  (recomendações de Bagnouls & Gaussen, 1957) ao longo de todo o ano, realizou-se a confecção das curvas ombrotérmicas para certificar o comportamento de cada região ecoclimática do Estado. Para cada região, selecionou-se aleatoriamente uma estação meteorológica para elaborar a curva ombrotérmica e, assim, identificar a ocorrência ou não de períodos secos.

Tendo em vista que Teixeira *et al.* (1986) não estipula um valor numérico para a precipitação pluviométrica, ou seja, não há definição de um valor mínimo e/ou máximo de precipitação para cada formação florestal em estudo, procurou-se definir um padrão de precipitação que possa estar associado a cada uma das formações florestais. A definição deste padrão se deu a partir da análise do comportamento estacional desta variável, considerando as particularidades da precipitação pluviométrica na área de ocorrência original destas formações. Os valores definidos encontram-se na seção 6.3 (Resultados e Discussão). Utilizou-se esta variável, para identificar outras regiões do RS que apresentam as mesmas particularidades de precipitação pluviométrica, que estão submetidas as formações florestais estudadas em sua original área de ocorrência.

#### ***Modelagem preditiva das formações florestais em estudo***

Neste estudo, realizou-se a modelagem preditiva utilizando unicamente os critérios indicados por Teixeira *et al.* (1986) e outra modelagem utilizando, além dos critérios do referido autor, o padrão de precipitação pluviométrica estabelecido para cada formação florestal.

A modelagem foi realizada com o auxílio do *software* de geoprocessamento *Idrisi* (Eastman, 2006) utilizando-se os mapas de espacialização da temperatura e precipitação pluviométrica trabalhados na seção 3 desta dissertação, selecionando as áreas, através de sobreposição, dos critérios em interesse (exigências bioclimáticas de cada formação florestal), gerando por fim mapas com a distribuição potencial da vegetação em estudo (Fig. 13).

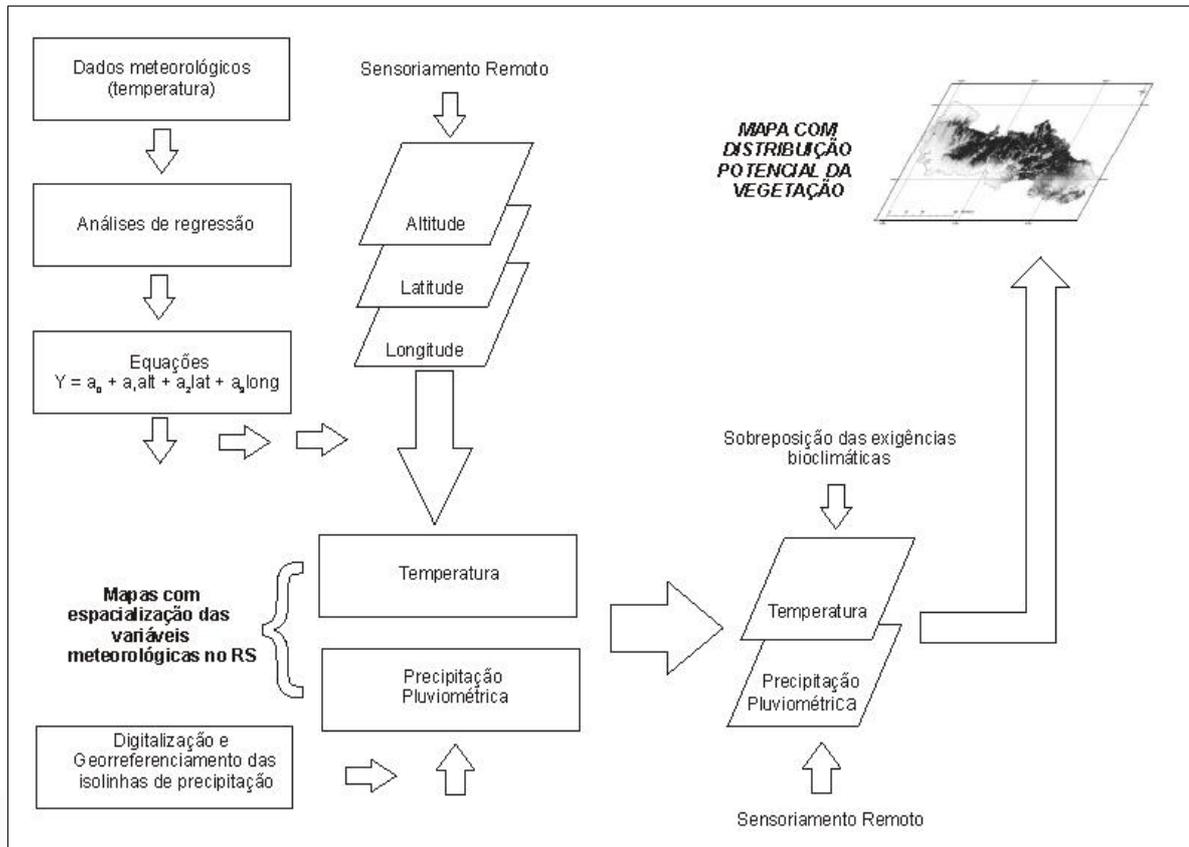


Figura 13. Fluxograma do procedimento adotado para a geração de mapas com distribuição potencial da vegetação.

A escolha de Teixeira *et al.* (1986) para o estabelecimento das exigências bioclimáticas e, posteriormente, comparação do zoneamento gerado da distribuição potencial das formações florestais com o sistema de classificação fitogeográfica IBGE (1992), que é baseado no Projeto Radambrasil do referido autor, deve-se por este sistema de classificação ser considerado oficial no país.

### 6.3 Resultados e Discussão

A primeira questão relevante a ser abordada trata da importância da qualidade dos dados ambientais para produzir modelos de distribuição potencial de vegetação. Em estudos de modelagem preditiva da vegetação é importante que os dados ambientais, no caso deste trabalho, os dados meteorológicos, sejam dados com boa qualidade, ou seja, dados altamente confiáveis e também a quantidade de localidades amostradas pode fortalecer os modelos resultantes para a predição de ocorrência de espécies ou vegetação.

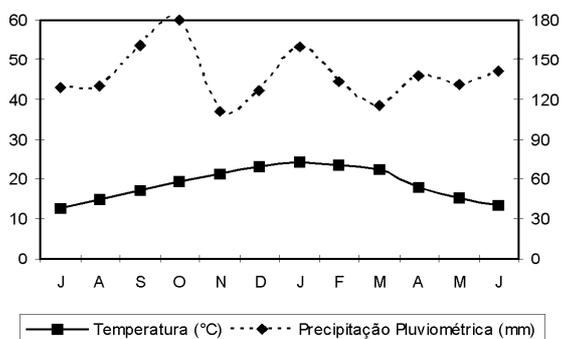
#### *Identificação de clima ombrotérmico*

O estudo da existência de clima ombrotérmico no RS indica que em todas as regiões ecoclimáticas do Estado as curvas ombrotérmicas são positivas (Fig. 14). Portanto, este resultado corrobora com as afirmações de Teixeira *et al.* (1986) e Leite (1995) que apontam que em todo o território gaúcho há ausência de período seco regular.

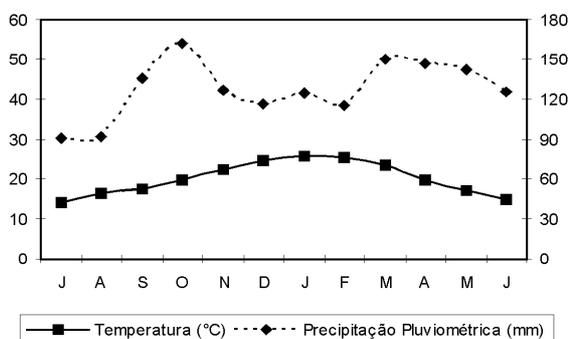
Em algumas regiões ecoclimáticas, situadas na metade sul do Estado, como a Campanha, a Serra do Sudeste e as Grandes Lagoas, que correspondem respectivamente, às estações meteorológicas de Santana do Livramento, Encruzilhada do Sul e Pelotas verifica-se que nos meses de novembro e dezembro ocorre uma diminuição significativa das chuvas, chegando-se próximo a um período seco na proporção  $P \leq 3T$ . No entanto, a curva ainda permanece positiva.

Continuação...

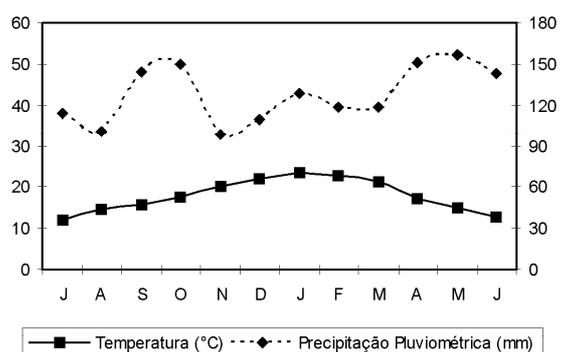
Região Ecoclimática Alto Vale do Uruguai - Marcelino Ramos  
 27°27'40" S - 51°54'22" W  
 Altitude: 414 m  
 Período: 1931 - 1960  
 Precipitação total anual: 1654 mm



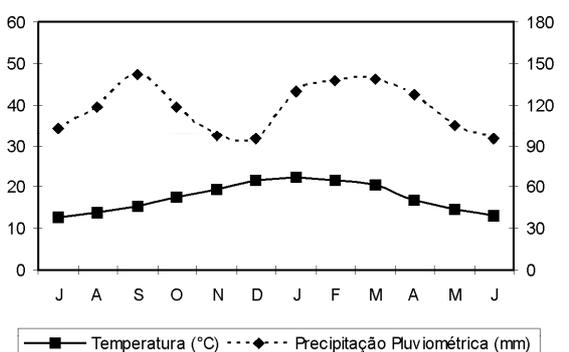
Região Ecoclimática Baixo Vale do Uruguai - São Borja  
 28°39'44" S - 56°00'15"  
 Altitude: 96 m  
 Período: 1931 - 1960  
 Precipitação total anual: 1524 mm



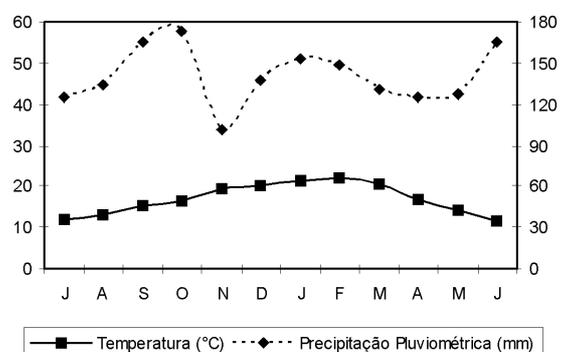
Região Ecoclimática Missões - Santiago  
 29°11'00" S - 54°54'10" W  
 Altitude: 425 m  
 Período: 1931 - 1960  
 Precipitação total anual: 1533 mm



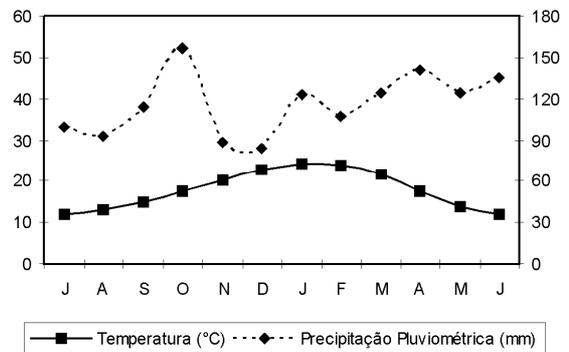
Região Ecoclimática Planalto Médio - Passo Fundo  
 28°15'39" S - 52°24'33" W  
 Altitude: 667 m  
 Período: 1931 - 1960  
 Precipitação total anual: 1664 mm



Região Ecoclimática Planalto Superior e Serra do Nordeste - Guaporé  
 28°55'44" S - 51°54'45" W  
 Altitude: 471 m  
 Período: 1931 - 1960  
 Precipitação total anual: 1688 mm



Região Ecoclimática Campanha - Santana do Livramento  
 30°53'18" S - 55°31'56" W  
 Altitude: 210 m  
 Período: 1931 - 1960  
 Precipitação total anual: 1388 mm



Continuação...

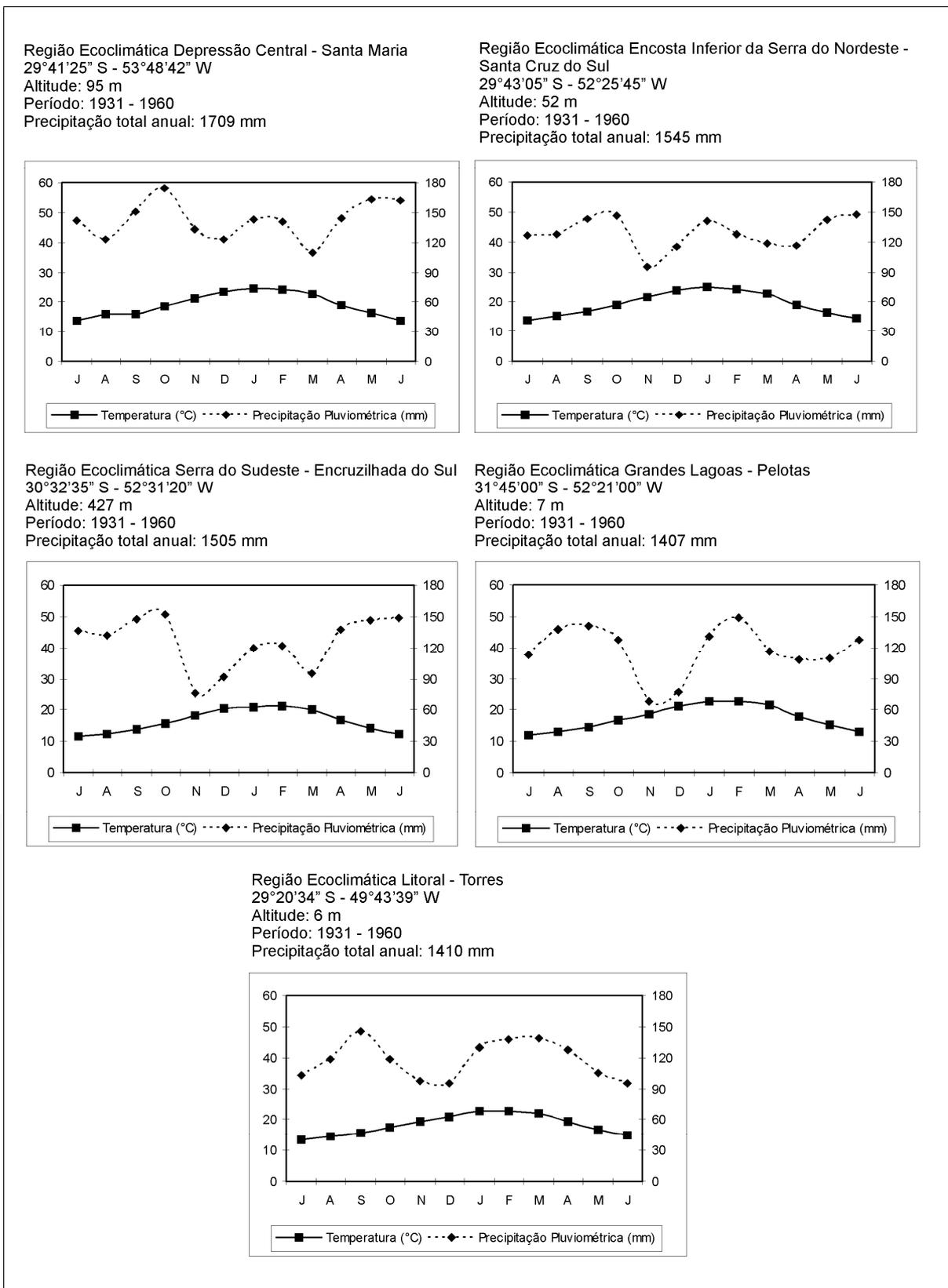


Figura 14. Curvas ombrotérmicas nas regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul.

## Modelagem preditiva da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde

### Modelagem utilizando exigências bioclimáticas estabelecidas por Teixeira *et al.* (1986)

A adoção dos critérios de exigências bioclimáticas estabelecidos por Teixeira *et al.* (1986) para a modelagem da distribuição potencial da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde (ou Floresta Ombrófila Densa) resulta em uma área bem maior que a área mapeada (sobreprescrição) por Teixeira *et al.* (1986) (Fig. 15).

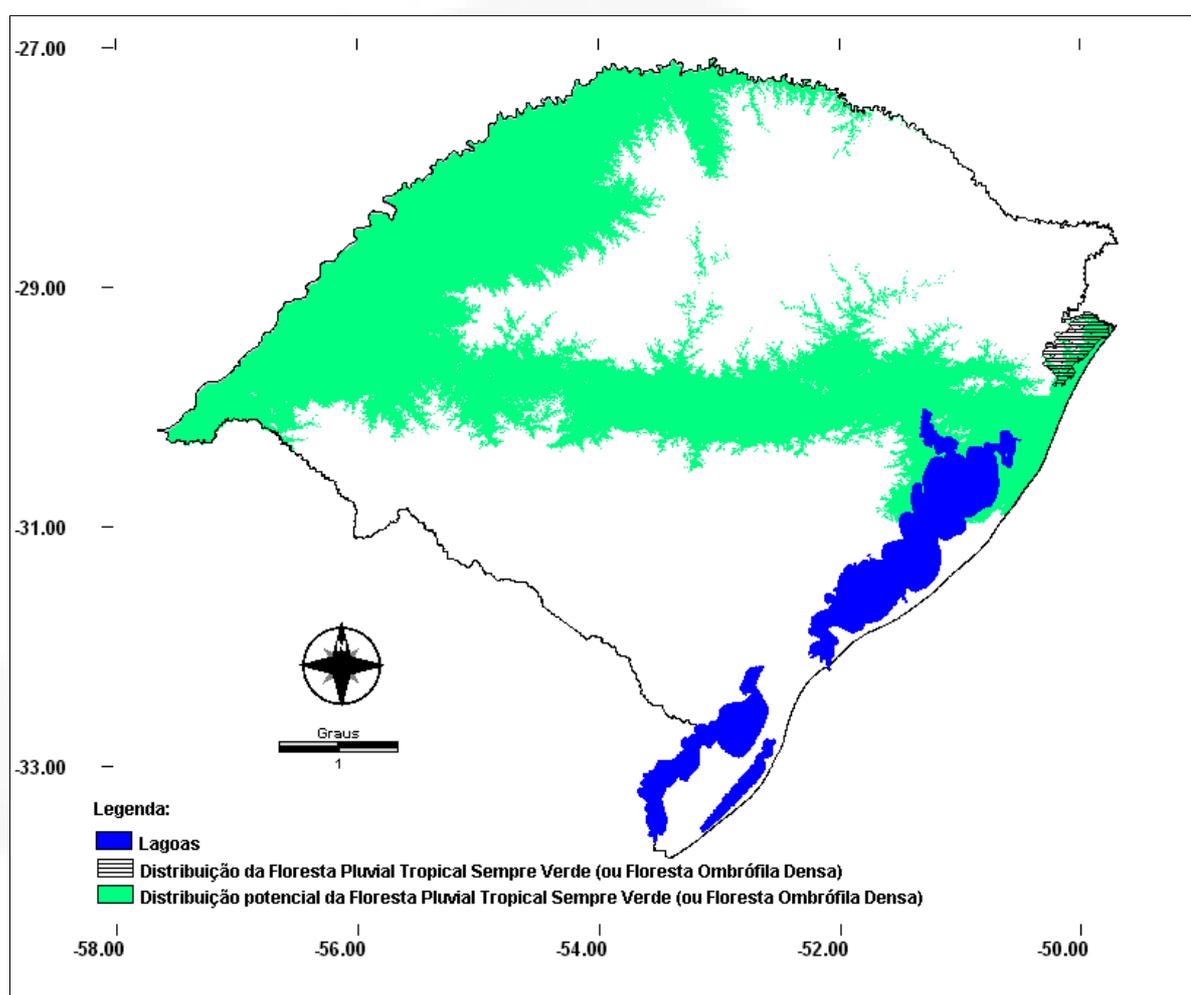


Figura 15. Distribuição potencial da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde com a localização da sua área original de ocorrência no Rio Grande do Sul, considerando critérios de Teixeira *et al.* (1986).

Além da área de ocorrência atual da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde, a modelagem resulta em áreas de distribuição potencial o centro, o oeste do Estado e uma pequena porção em direção ao sul da Laguna dos Patos.

Analisando a distribuição potencial para a região central do Estado, Leite (1995) aponta que um grupo de espécies características da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde, como por exemplo, *Bathysa meridionalis* L.B.Sm & Downs (macaqueiro), *Euterpe edulis* (palmiteiro), *Cecropia* spp. (imbaúbas), *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (guapuruvu) conseguem penetrar em algumas áreas do centro do Estado podendo alcançar até ambientes montanos, mas geralmente, avançando pelo sub-bosque da floresta.

Estudos florísticos realizado por Jarenkow & Waechter (2001) no município Vale do Sol, na região central do Estado, revelaram resultados semelhantes a Leite (1995), que espécies características da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde contribuem com um grande número de indivíduos e predominam no sub-bosque como árvores de tamanho médio.

Extremos de frio e a frequência de geadas no interior do RS são maiores, se comparado com a faixa leste (litorânea). Conforme Oliveira-Filho *et al.* (2009), estes são fatores muito importantes que podem criar um ambiente de estresse para as espécies Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde.

Mattei *et al.* (2007) relata que ocorre uma diluição gradativa de espécies no sentido da floresta Pluvial Tropical Sempre Verde em direção à Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia conforme pressupõe os corredores de imigração. A partir desta colocação, pode-se julgar que, à medida que as espécies avançam para o interior do Estado, as condições climáticas se tornam desfavoráveis, diminuindo seu poder competitivo diante o contingente mesófilo que vem do noroeste. Estas condições climáticas podem ser os extremos de frio e a frequência de geadas. Walter (1986) coloca que o limite natural de distribuição de uma espécie é atingido quando, em consequência de mudanças nos fatores físicos-ambientais, sua habilidade em competir é enfraquecida.

Portanto, a ocorrência elevada de espécies tropicais, do contingente Torres – Osório, no sub-bosque das florestas do centro do Rio Grande do Sul pode ser explicada pelas condições microclimáticas da floresta que são mais favoráveis, sendo que o macroclima ainda pode apresentar certas desvantagens a estas espécies, sendo que estes aspectos do macroclima não são possíveis de identificar na modelagem realizada.

Também como é observado por Rambo (1951) e Leite (1995), o Planalto Meridional constitui-se uma barreira climática para a transposição de espécies de origem tropical, dominando nesta região os campos e as florestas de araucária, característicos de clima mais frio. Os vales, que adentram no Planalto Meridional, são apontados como áreas potenciais pela modelagem preditiva, podendo constituir-se de “refúgios climáticos” para as espécies que avançam mais para o norte do Estado.

Na região sul do Estado, mais precisamente na porção ocidental da Laguna dos Patos, há também uma área apontada pela modelagem como potencial para distribuição da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde. Levantamentos florísticos realizados por Jurinitz & Jarenkow (2003) e Bergamin & Mondin (2006), respectivamente, em Camaquã e Barra do Ribeiro apontam uma expressiva participação de elementos do corredor atlântico (Torres - Osório) nesta região.

A região oeste, em especial o noroeste do Estado, ocupada pela Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia (ou Floresta Estacional Decidual) conforme mapeamento de Teixeira *et al.* (1986), apresenta condições bioclimáticas para abrigar espécies da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde. Isto leva a acreditar que a temperatura, na forma trabalhada neste trabalho, pode nesta região não servir plenamente de gatilho para o desencadeamento da deciduidade e/ou outros fatores climáticos podem estar associados a este fenômeno (esta questão será melhor abordada posteriormente).

Trabalhos recentes realizados por Inácio & Jarenkow (2008) questionam a real deciduidade da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia ao estudar as sinúsias de uma área desta formação florestal no Parque do Turvo, em Derrubadas. Estes autores verificaram que a cobertura do dossel não apresenta alterações significativas em diferentes estações do ano, indicando a baixa deciduidade da floresta. Isto sugere problemas na classificação desta floresta como decidual. Esta questão será mais bem discutida posteriormente, ao realizar a abordagem da modelagem preditiva da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia.

A modelagem preditiva englobou a porção centro-norte do litoral, região ocupada pelas formações pioneiras. Isto pode estar associado ao erro de modelagem da espacialização das temperaturas (elaborada na seção 5 desta dissertação) para a região do litoral, pois as

variáveis preditoras consideradas no modelo (altitude, latitude e longitude) apresentam baixa correlação com a temperatura nesta região devido à influência marítima (Ferreira *et al.*, 1971; Buriol *et al.*, 1973; Estefanel *et al.*, 1973).

A omissão (quando a área de ocupação real não faz parte da área prevista pela modelagem) de uma pequena porção na encosta leste do Planalto Meridional (corredor Torres – Osório) deve-se a um leve declínio das temperaturas nesta área não prevista pela modelagem, ou seja, nesta área é possível encontrar temperaturas levemente abaixo dos 13°C no inverno, o que é não impeditivo para a presença de espécies pluviais tropicais, conforme Teixeira *et al.* (1986) que encontrou esta mesma situação numa região de encosta do Planalto Meridional, em Orleans, em Santa Catarina. Porém, nestas regiões montanas e alto-montanas ocorrem um sensível decréscimo no número de espécies adaptadas a este condição climática.

Nesta dissertação, um aspecto verificado é referente a influência da latitude na distribuição das temperaturas, que mostrou ser não-significativa, especialmente, no mês de julho. Inúmeros trabalhos, entre eles de Smith (1962) e Siqueira (1994), relatam que a Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde apresenta dois grandes blocos florísticos, com limite no sudeste do país, onde tanto para o norte como para o sul ocorre uma diminuição da diversidade. No sul do país, esta diminuição da diversidade está relacionada à diminuição das temperaturas associada ao aumento da latitude. No entanto, os resultados deste trabalho corroboram com os resultados de Oliveira (2003) que evidencia uma relação de dependência pouco significativa entre a diversidade de espécies arbóreas e a latitude, ou seja, os gradientes latitudinais não possuem um grau de influência relevante no padrão de distribuição de espécies arbóreas. Ainda, conforme Oliveira (2003), a distribuição das espécies arbóreas está mais correlacionada com o fotoperíodo e as temperaturas médias anuais.

***Modelagem preditiva utilizando exigências bioclimáticas estabelecidas por Teixeira et al. (1986) e padrão de precipitação pluviométrica***

A definição do padrão de precipitação pluviométrica foi realizada a partir da avaliação da precipitação pluviométrica na faixa correspondente ao litoral sul de Santa Catarina (SC) e litoral norte do Rio Grande do Sul (corredor Torres – Osório). Incluiu-se a porção catarinense (estações meteorológicas de Laguna, Sombrio e Praia Grande) devido à presença de apenas uma estação meteorológica (Torres) no trecho gaúcho e também, a mesma está situada ao nível do mar, podendo oferecer resultados distorcidos, pois as chuvas sofrem um aumento na

encosta leste do Planalto Meridional, onde situa-se a Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde, devido ao efeito do relevo que ocasiona as chuvas orográficas.

Na avaliação do padrão de precipitação (Fig. 16) é possível observar que ocorre um aumento das chuvas no começo da primavera (agosto e setembro), continuando este padrão no verão e a partir do início do outono (março e abril) ocorre uma redução das chuvas na faixa litorânea que compreende entre Laguna e Torres. Portanto, a primavera e o verão são as estações do ano que apresentam os maiores volumes de chuva. O efeito orográfico do Planalto Meridional pode explicar o aumento do volume de chuva, em especial, em janeiro e fevereiro em Praia Grande (SC), município situado na encosta do Planalto.

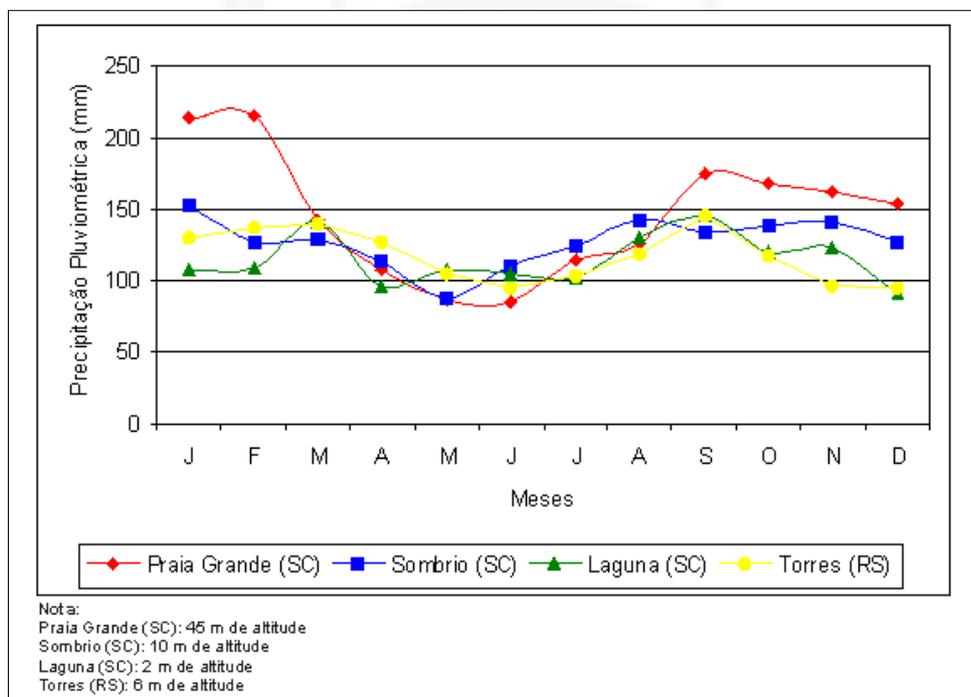


Figura 16: Comportamento mensal da precipitação pluviométrica no trecho Laguna (SC) e Torres (RS).

Fonte: Agritempo – Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Disponível em: [www.agritempo.gov.br](http://www.agritempo.gov.br). Acesso em: 05 jan. 2009.

A partir do comportamento estacional da precipitação pluviométrica é possível inferir sobre os padrões fenológicos da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde, pois de acordo com Morellato & Leitão-Filho (1990) as fenofases estão correlacionadas com fatores climáticos.

Em ambientes tropicais, onde a estacionalidade na precipitação é pronunciada, o período seco comumente determina a fenologia (Morellato *et al.*, 1989). Entretanto em regiões pouco estacionais, como o sul do país, a precipitação perde importância, permitindo uma maior participação da temperatura e do fotoperíodo na determinação da fenologia nestes locais (Morellato *et al.*, 2000; Marques *et al.*, 2004). Estudos fenológicos realizados por Mantovani *et al.* (2003) em Floresta Ombrófila Densa em São Pedro Alcântara (SC), Marques & Oliveira (2004) e Marchioretto *et al.* (2007) em florestas de restinga, que são fortemente associadas com a Floresta Ombrófila Densa, respectivamente, na Ilha do Mel (PR) e Palmares do Sul (RS) apontam que os eventos fenológicos vegetativos e reprodutivos estão relacionados estreitamente com as variações anuais de temperatura e fotoperíodo.

Apesar da presença de uma pequena sazonalidade na precipitação pluviométrica ao longo do ano na área de ocorrência original da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde, esta, portanto, segundo estudos fenológicos no sul no país, não deve influenciar significativamente nas fenofases.

No entanto, a fim de identificar outras regiões do Estado que apresentam as mesmas particularidades na precipitação pluviométrica que a área de ocorrência original da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde, foi gerado um modelo contendo os critérios de exigências bioclimáticas estabelecidos por Teixeira *et al.* (1986), também incluindo o padrão de precipitação pluviométrica (Fig. 17).

Para efeitos da modelagem neste presente estudo, a partir da análise dos dados pluviométricos do trecho entre Laguna e Torres, estipulou-se necessário no mínimo 450 mm na estação do verão. A particularidade que é observada na área de ocorrência da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde é o elevado volume de chuva durante o verão, que em média nesta região, fica em torno do valor referido anteriormente.

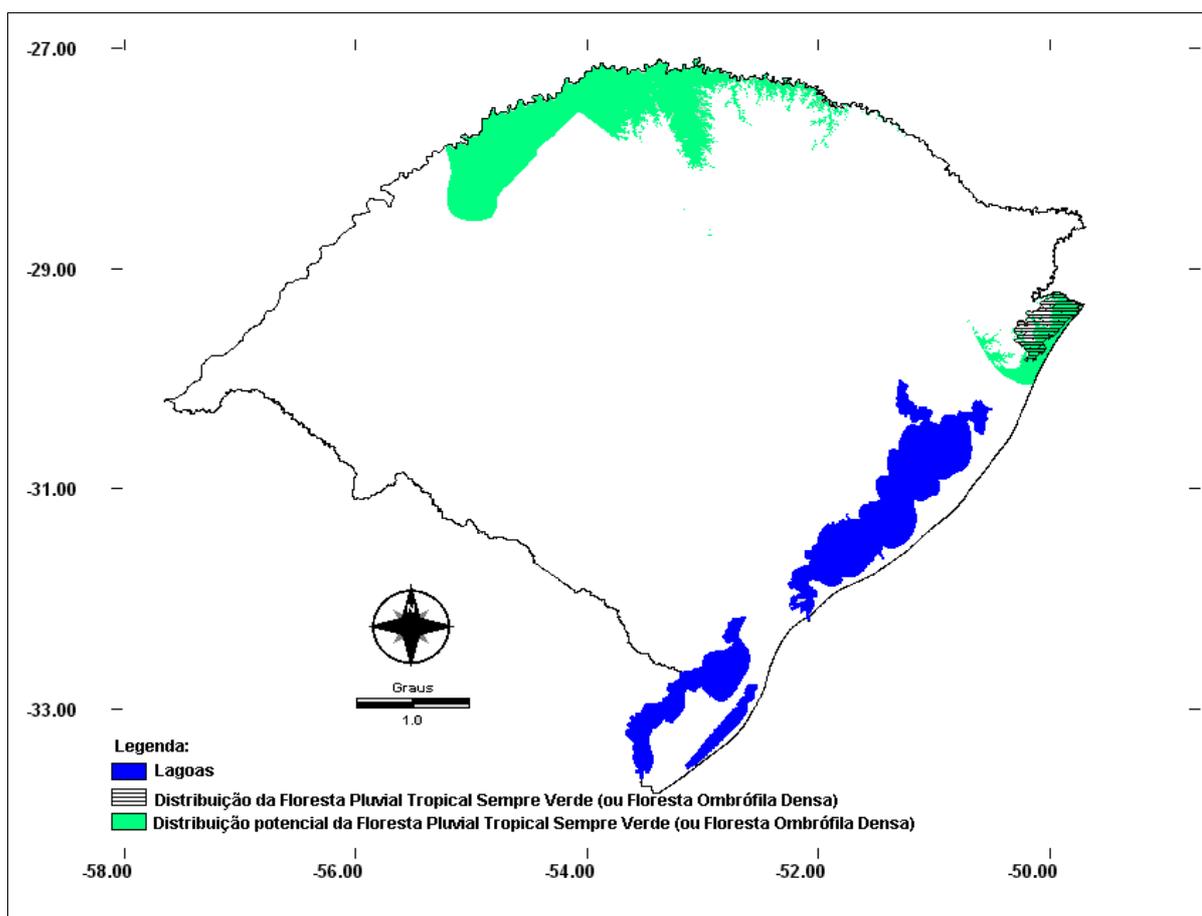


Figura 17. Distribuição potencial da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde com a localização da sua área original de ocorrência no Rio Grande do Sul, considerando critérios de Teixeira *et al.* (1986) e padrão de precipitação pluviométrica.

Considerando a precipitação pluviométrica na modelagem preditiva da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde verifica-se que reduziram as áreas que podem apresentar distribuição potencial ficando restrita a sua área de ocorrência original (trecho Torres – Osório) e uma porção no norte do Estado, ao longo do Rio Uruguai. Portanto, é permitido afirmar, que no RS apenas o noroeste do Estado apresenta estas mesmas particularidades no comportamento da precipitação pluviométrica.

Apesar, da região central do RS não ser contemplada na modelagem, indicando que o verão é mais seco do que na área original de ocorrência da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde, esta condição, pelos estudos fenológicos abordados anteriormente, não afeta o desenvolvimento das espécies oriundas desta área, realizando todas suas fenofases.

Esta análise é apenas superficial, necessitando de estudos mais aprofundados e complementares para avaliar as condições hídricas do ambiente submetidas estas espécies, que poderiam dar respostas mais seguras. Neste contexto, a avaliação da evapotranspiração potencial poderia ser interessante, fornecendo dados mais precisos.

### ***Modelagem preditiva da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia***

#### ***Modelagem utilizando exigências bioclimáticas estabelecidas por Teixeira et al. (1986)***

A adoção dos critérios de exigências bioclimáticas estabelecidos pelo Projeto Radambrasil (1986) para a modelagem da distribuição potencial da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia (ou Floresta Estacional Decidual) resulta em uma área bem maior que a área mapeada (sobreprescrição) por Teixeira *et al.* (1986) (Fig. 18).

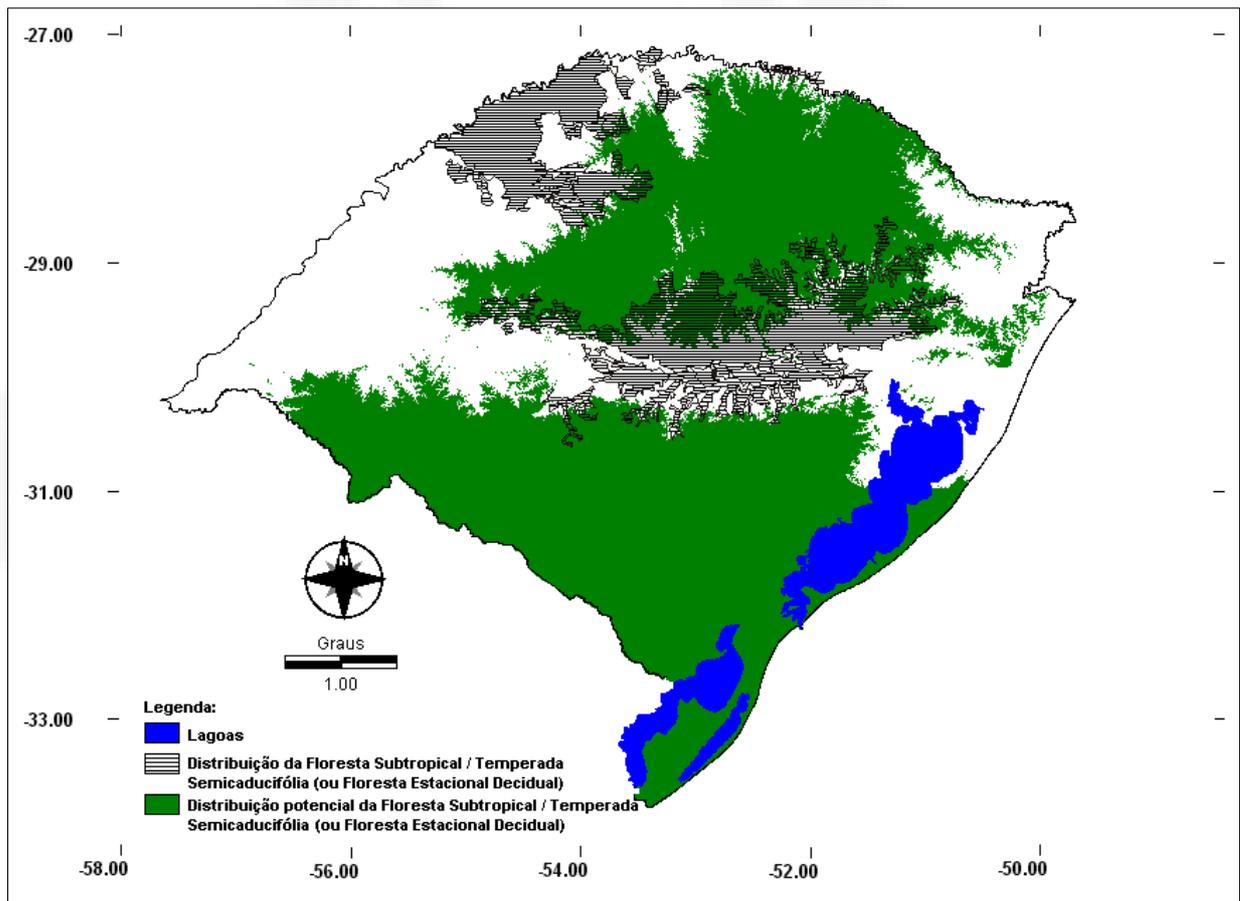


Figura 18: Distribuição potencial da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia com a localização da sua área original de ocorrência no Rio Grande do Sul, considerando critérios de Teixeira *et al.* (1986).

A modelagem resulta em áreas de distribuição potencial uma porção do norte e a metade sul do Estado, excetuando uma pequena porção oriental e ocidental do norte da Laguna dos Patos e, inclusive, a área de ocorrência real da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia.

A predição da ocorrência de Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia no norte e sul do Estado, regiões ocupadas por outras formações vegetacionais, como campos e Florestas de Araucária leva a entender que há outros fatores ambientais, que podem ser outros fatores climáticos não considerados neste trabalho, envolvidos na distribuição original da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia no RS. Dentre estes fatores climáticos não estudados neste trabalho, pode-se destacar o fotoperíodo que apresenta influência marcante nas fenofases das florestas.

Conforme estudos de Andreis *et al.* (2005) referente ao padrão fenológico de uma floresta decidual em Santa Tereza (RS) observaram que ocorre uma deciduidade significativa da floresta podendo chegar a 85%. Segundo tais autores, a deciduidade da floresta inicia a partir de junho, acentuando-se no início da primavera, e está relacionada à diminuição das temperaturas e do fotoperíodo no inverno.

Athayde *et al.* (2009), analisando a fenologia de espécies arbóreas em uma floresta ribeirinha em Santa Maria (RS), relatam que 34% das espécies do dossel perdem as folhas, principalmente no início da primavera, desencadeado também pelas baixas temperaturas e menor comprimento do dia no inverno. Estes ressaltam que muitas espécies características do dossel e sub-bosque são semidecíduas ou mesmo perenifólias.

Segundo observações de Condit *et al.* (2000) em florestas estacionais do Panamá, uma deciduidade poderia estar ocorrendo em graus variados e períodos distintos.

Esta modelagem reforça a recomendação de Inácio & Jarenkow (2008) da necessidade de estudos mais detalhados do grau de deciduidade das florestas do RS e dos eventos fenológicos para melhor compreender a influência do clima.

Enfim, o fenômeno da deciduidade pode ser não tão marcante (conforme abordado anteriormente), já que também se verifica que a distribuição original encontra-se numa área

potencial para formações pluviais tropicais. Portanto, a partir destes resultados, entende-se as temperaturas, na modalidade estudada utilizando os critérios de Teixeira *et al.* (1986), não sejam o fator (gatilho) suficiente para promover uma deciduidade mais expressiva na maior parte das florestas estacionais do RS.

Estudos analisando os extremos de temperaturas (verão e inverno) poderiam ser mais eficientes na predição das áreas potenciais de ocorrência da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia.

***Modelagem preditiva utilizando exigências bioclimáticas estabelecidas por Teixeira et al. (1986) e padrão de precipitação pluviométrica***

Da mesma forma como procedeu-se na modelagem preditiva da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde, a predição da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia também envolveu análise do padrão de precipitação, buscando identificar particularidades. Realizou-se uma análise do padrão de precipitação de estações meteorológicas situadas em área original de ocorrência desta formação. Foram incluídas, nesta análise, as estações meteorológicas de: São Borja, Marcelino Ramos e Santa Maria.

A análise do padrão de precipitação pluviométrica demonstra que há uma regularidade ao longo do dia, sem uma estacional anual pronunciada. Portanto, estipulou-se um padrão de ocorrência de no mínimo 350 mm em todas as estações do ano (primavera, verão, outono e inverno) (Fig. 19).

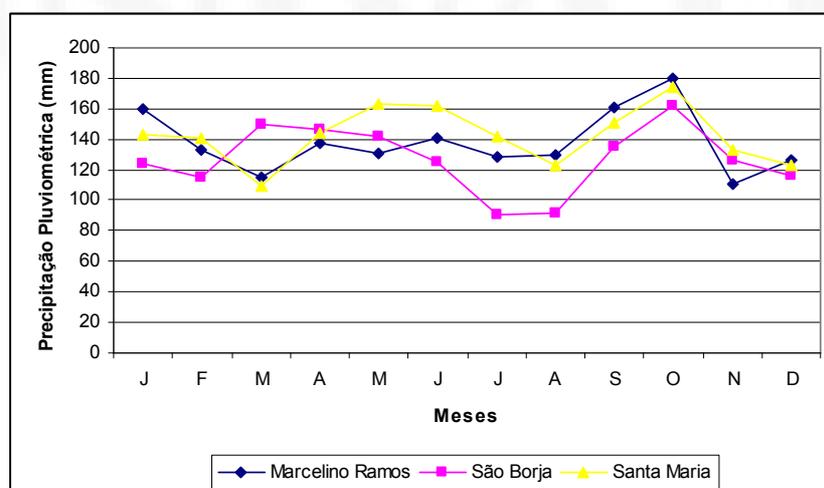


Figura 19. Comportamento mensal da precipitação pluviométrica na área original de ocorrência da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia.

Fonte: IPAGRO (1989)

Assim, foi gerado um modelo contendo os critérios de exigências bioclimáticas estabelecidos por Teixeira *et al.* (1986), também incluindo o padrão de precipitação pluviométrica estipulado (no mínimo 350 mm em todas as estações do ano) (Fig. 20).

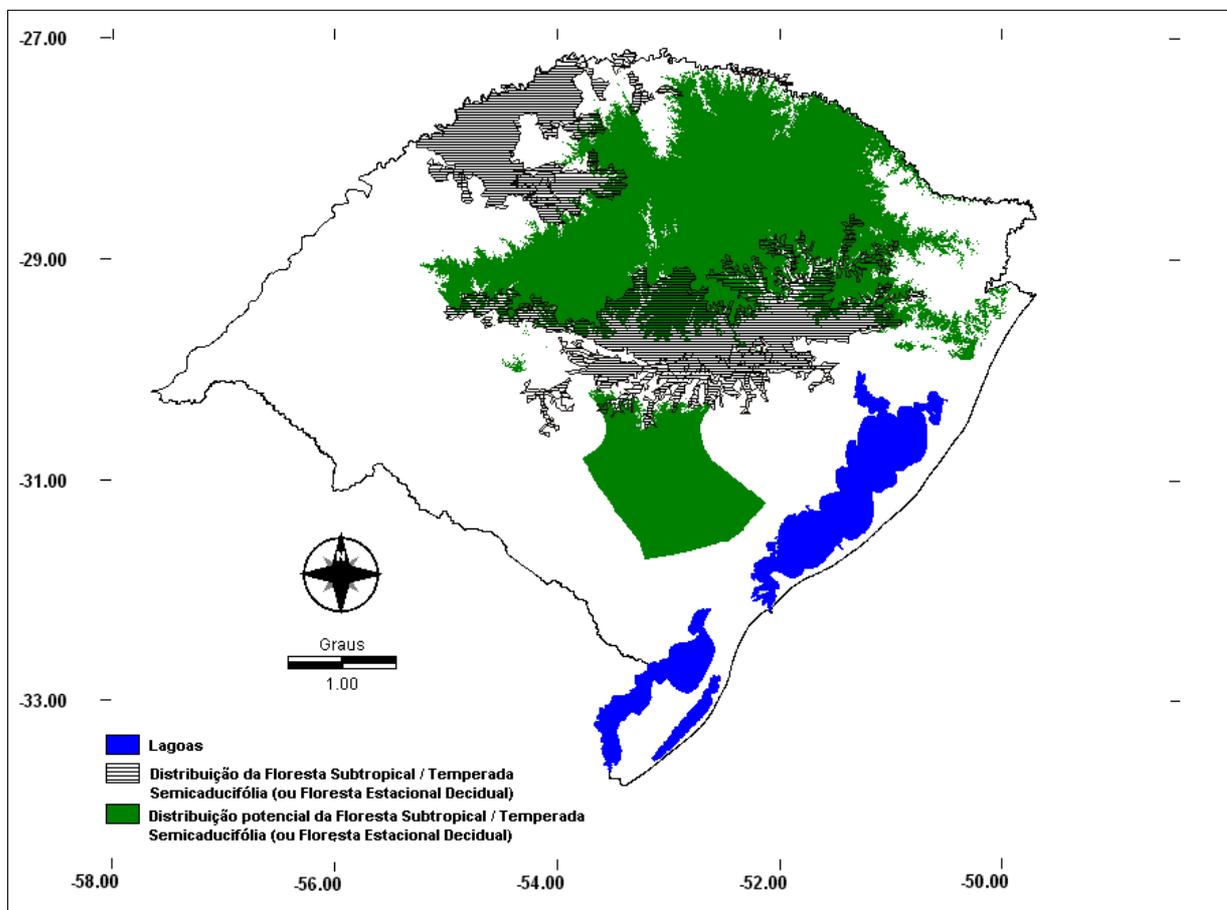


Figura 20. Distribuição potencial da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifolia com a localização da sua área original de ocorrência no Rio Grande do Sul, considerando critérios de Teixeira *et al.* (1986) e padrão de precipitação pluviométrica.

Considerando a precipitação pluviométrica na modelagem preditiva da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifolia verifica-se que reduziram as áreas que podem apresentar distribuição potencial na metade sul do Estado, ficando restrita a uma porção no norte, uma pequena porção no sul (Serra do Sudeste) e pequenos fragmentos nas áreas montanas da encosta leste do Planalto Meridional. Conforme Rambo (1956), esta formação florestal pode alcançar áreas próximas a Osório.

Esta modelagem indica que as áreas não previstas neste mapeamento, localizadas na metade sul do RS, mas assinaladas na modelagem anterior adotando unicamente os critérios

de Teixeira *et al.* (1986), podem apresentar certas limitações, mais precisamente, condições de estresse hídrico para a expansão das espécies da Subtropical / Temperada Semicaducifólia para porções mais interioranas do sul do RS, pois na maior parte do ano, especialmente no inverno, primavera e verão as chuvas são mais reduzidas nesta área do que na metade norte do RS.

A modelagem preditiva da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia permite, inclusive, inferir algumas conclusões quanto à distribuição atual das Florestas de Araucária no Rio Grande do Sul. As condições climáticas atuais na sua área original de ocorrência não são propícias para esta formação, já que a modelagem previu toda sua área de ocorrência como potencial para floresta estacional.

A expansão mais marcante das Florestas de Araucária ocorreu no final do Holoceno, sendo que até hoje continua a expansão sobre os campos favorecido pelo aumento das condições de umidade, temperatura, taxas de chuva e curto ou nenhum período marcadamente mais seco (Behling & Pillar, 2006). Entretanto, a pressão do fogo e pastejo nos Campos de Cima da Serra são fatores impeditivos para a expansão nesta área (Behling *et al.* 2003; Behling & Pillar, 2006). Behling *et al.* (2004) e Bauermann *et al.* (2008) identificaram evidências de expansão de espécies tropicais, respectivamente, advindas do corredor higrófilo (atlântico) e mesófilo (estacional) no final do Holoceno e Recente, indicando que a expansão destas espécies está em andamento.

Backes (1999) complementa colocando que se as atuais condições climáticas permanecerem, as espécies tropicais avançariam sobre as áreas de Floresta de Araucária. Os resultados obtidos com a modelagem preditiva da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia reforçam que este processo possa estar em andamento.

A aplicação da modelagem preditiva para a Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia bem como a Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde, demonstra que uma pequena porção do nordeste do RS, onde situam-se os Campos de Cima da Serra, não é potencial para distribuição de ambas formações florestais. Definitivamente, a região nordeste do Estado não apresenta condições climáticas favoráveis para o estabelecimento de espécies tropicais, tanto do contingente higrófilo como do mesófilo.

## 7. CONCLUSÕES

A análise geral do fitoclima do Estado do Rio Grande do Sul (RS) conduz a uma série preliminar de pensamentos conclusivos. Preliminares porque estudos mais aprofundados precisam ser realizados para fortalecê-los.

- As variáveis climáticas estudadas não estabelecem fronteiras fitogeográficas no RS.

A modelagem preditiva da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia (Floresta Estacional Decidual) e da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde (Floresta Ombrófila Densa) indicam que a área de ocorrência potencial, sob o aspecto climático, pode ser muito maior que a área de distribuição original destas formações florestais no RS.

A análise das variáveis climáticas - temperatura e precipitação pluviométrica, na modalidade estudada, considerando as exigências bioclimáticas estabelecidas por Teixeira *et al.* (1986), apontaram que a Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia apresenta outras áreas potenciais para sua ocupação, como o norte e sul do Estado. Isto pode estar associado ao envolvimento de outros fatores ambientais na sua distribuição não contemplados neste trabalho.

Atualmente, a área de distribuição geográfica da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia está inserida num ambiente com condições térmicas para o estabelecimento de espécies da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde, levantando, por consequência, inúmeros questionamentos quanto à influência do clima, na modalidade avaliada considerando Teixeira *et al.* (1986), no fenômeno da deciduidade.

A Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde, considerando as exigências bioclimáticas estabelecidas por Teixeira *et al.* (1986) poderia ocupar áreas no centro do Estado, podendo se estender até porções do noroeste do Estado, regiões que abrigam florestas estacionais. Este avanço para o interior pode estar ocorrendo de forma gradual através do sub-bosque por algumas espécies desta formação.

A chuva pode ser uma variável climática importante na expansão da Floresta Pluvial Tropical Sempre Verde e também da Floresta Subtropical / Temperada Semicaducifólia que precisa ser melhor estudada. Sugere-se para melhor compreensão e aproximação das necessidades hídricas destas formações florestais um estudo, envolvendo também, a evapotranspiração potencial.

O clima na maior parte do território do RS é apto a abrigar as florestas estudadas, exceto uma pequena porção do nordeste do Estado devido às baixas temperaturas.

- Não é possível fazer inferências para o Sistema de Classificação Fitogeográfica IBGE (1992)

Realizar inferências quanto a possíveis mudanças no quadro fitogeográfico do RS é prematuro. Nesta dissertação, iniciou-se as primeiras investigações do fitoclima, estudos que são carentes no Estado, estas investigações precisam ser aprofundadas, exigindo uma melhor análise da validade das exigências bioclimáticas estabelecidas por Teixeira *et al.* (1986). Recomenda-se a avaliação mais minuciosa da participação das chuvas na distribuição das florestas, envolvendo estudos de evapotranspiração, o comportamento do fotoperíodo ao longo do ano e análise de padrões fenológicos, em especial do grau de deciduidade (característica fenológica e fisionômica que define a nomenclatura das florestas).

É fundamental ressaltar da importância da qualidade dos dados abióticos, por exemplo, dados meteorológicos e de grande número de localidades amostradas para a obtenção de resultados confiáveis na modelagem preditiva, que nesta dissertação demonstrou ser uma excelente ferramenta para estudos de distribuição geográfica de vegetação que envolvem fatores ambientais. Grande número de levantamentos fitossociológicos também são importantes para avaliar a composição das florestas, procurando identificar as espécies indicadoras da origem do corredor de imigração.

Por fim, uma inferência segura de mudanças no quadro fitogeográfico do RS apenas pode ser permitida, envolvendo além de estudos climáticos mais complexos, também estudos de outros fatores ambientais que possam estar influenciando a distribuição da vegetação.

## 8. PERSPECTIVAS FUTURAS

Alguns estudos para complementar o conhecimento atual do padrão de distribuição da vegetação em função de fatores abióticos e classificação das diferentes tipologias vegetacionais no Estado já foram expostos na seção 7 (Conclusões).

É importante colocar que a técnica de modelagem utilizada neste trabalho abre portas para a realização de uma gama de variedade de trabalhos que envolvem distribuição de espécies tanto vegetais como animais no Estado do Rio Grande do Sul, visando, por exemplo, à seleção de áreas prioritárias para a conservação de espécies ameaçadas de extinção. Também é possível, por exemplo, predizer os efeitos das mudanças climáticas sobre a distribuição da vegetação.

UNIVATES

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRITEMPO Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Sumário séries históricas. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/modules.php?name=Mapas&estado=SC>>. Acesso: 05 jan. 2009.

AMORIM, R. C. F. **Espacialização de variáveis meteorológicas em áreas de relevo ondulado na bacia do Rio Doce**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

ANDERSON, R. P.; LEW, D.; PETERSON, A. T. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. **Ecological Modelling**, v. 162, p. 211-232, 2003.

ANDREIS, C.; LONGHI, S. J.; BRUN, E. J.; WOJCIECHOWSKI, J. C.; MACHADO, A. A.; VACCARO, S.; CASSAL, C. Z. Estudo fenológico em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no município de Santa Tereza, RS, Brasil. **Revista Árvore**, v. 29, n. 1, p. 55-63, 2005.

ATHAYDE, E. A.; GIEHL, E. L. H.; BUDKE, J. C.; GESING, J. P. A.; EISINGER, S. M. Fenologia de espécies arbóreas em uma floresta ribeirinha em Santa Maria, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 43-51, 2009.

BACKES, A. Condicionamento climático e distribuição geográfica de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no Brasil – II. **Pesquisas – Botânica**, São Leopoldo, n. 49, p. 31-51, 1999.

BAGNOULS, F.; GAUSSEN, H. Les climats biologiques et leur classification. In: **Annales de Géographie**, Paris, v. 66, 1957. p. 193-220.

BAUERMANN, S. G.; MACEDO, R. B.; BEHLING, H.; PILLAR, V. P.; NEVES, P. C. P. Dinâmicas vegetacionais, climáticas e do fogo com base em palinologia e análise multivariada no Quaternário Tardio do Sul do País. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 11, n. 2, p. 87-96, 2008.

BEHLING, H.; BAUERMANN, S. G.; NEVES P. C. P. Holocene environmental changes in the São Francisco de Paula region, southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v.14, p. 631-639, 2001.

BEHLING, H. South and southeast brazilian grasslands during late Quaternary times: a synthesis. **Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology**, v.177, p.19-27, 2002.

BEHLING, H.; PILLAR, V. P.; ORLÓCI, L.; BAUERMANN, S. G. Late Quaternary *Araucaria* forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in the southern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology**, v. 203, p. 277-297, 2003.

BEHLING, H.; PILLAR, V. P.; BAUERMANN, S. G. Late Quaternary grassland (Campos), gallery forest, fire and climate dynamics, studied by pollen, charcoal and multivariate analysis

of the São Francisco de Assis core in western Rio Grande do Sul (southern Brazil). **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 133, p. 235-248, 2004.

BEHLING, H.; PILLAR, V. P. Late Quaternary vegetation, biodiversity and fire dynamics on the southern Brazilian highland and their implication for conservation and management of modern *Araucaria* forest and grassland ecosystems. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 362, p. 243-251, 2006.

BERGAMIN, R. S.; MONDIN, C. A. Composição florística e relações fitogeográficas do componente arbóreo de um fragmento florestal no município de Barra do Ribeiro, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas – Botânica**, São Leopoldo, n. 57, p. 217-230, 2006.

BOX, O. **Macroclimate and plant forms**: an introduction to predictive modelling in phytogeography. Junk. The Hague, 1981.

BRASIL. Decreto nº 350, 10, fevereiro de 1993. Dispõe sobre o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração de Mata Atlântica.

BRITTO, F. P.; BARLETTA, R.; MEDONÇA, M. Regionalização sazonal e mensal da precipitação pluvial máxima no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, São Paulo, n. 3, p. 83-99, 2008.

BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; FERREIRA, M.; PINTO, H. S. Estimativa das médias das temperaturas máximas mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Centro Ciências Rurais**, v. 3, n. 1-4, p. 131-150, 1973.

BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; CHAGAS, A. C.; EBERHARDT, D. Clima e vegetação natural do estado do Rio Grande do Sul segundo o diagrama climático de Walter e Lieth. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.17, p. 91-100, jun. 2007.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; STOLZ, A. P. Altitude e coordenadas geográficas na estimativa da temperatura média decenal do ar no estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 893-901, 2006.

CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D. **Análise espacial da precipitação pluviométrica no Estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 377-384, 2005.

CONDIT, R.; WATTS, K.; BOHLMAN, S. A.; PÉREZ, R.; FOSTER, R. B.; HUBBELL, S. P. Quantifying the deciduousness of tropical forest canopies under varying climates. **Journal of Vegetation Science**, v. 11, p. 649-658, 2000.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 13-23, 2006.

COX, C. B.; MOORE, P.D. **Biogeography: an ecological and evolutionary approach**. 7. ed. London: Blackwell Publishing, 2005. 440 p.

EASTMAN, J. R. **Idrisi Kilimanjaro Help Contents**. Worcester, MA: Clark Labs University, 2006.

ESTEFANEL, V.; FERREIRA, M.; BURIOL, G. A.; PINTO, H. S. Estimativa das médias das temperaturas mínimas mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Centro Ciências Rurais**, v. 3, n. 1-4, p. 1-20, 1973.

FERREIRA, M.; BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; PINTO, H. S. Estimativa das temperaturas médias mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Centro Ciências Rurais**, v. 1, n. 4, p. 21-52, 1971.

GEIGER, R. **Manual de micrometeorologia – O clima da camada de ar junto ao solo**. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1990. 637 p.

GUISAN, A.; ZIMMERMANN, N. E. Predictive habitat distribution models in ecology. **Ecological Modelling**, v. 135, p. 147-186, 2000.

HUMBOLDT, A. F. **Zu einer physiognomik der Gewachese**. Tubinzen, 1906. 28 p.

ICHIBA, S. H. K. **Estudo das temperaturas do ar no Estado do Paraná**. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

INÁCIO, C. D.; JARENKOW, J. A. Relações entre a estrutura da sinúsia herbácea terrícola e a cobertura do dossel em floresta estacional no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 1, p. 41-51, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1992. 92 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS (IPAGRO). **Atlas agraclimático do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Pallotti, 1989. 326 p.

JARENKOW, J. A.; WAECHTER, J. L. Composição, estrutura e relações florísticas do componente arbóreo de uma floresta estacional na Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 263-272, 2001.

JENSEN, M. E.; DIBENEDETTO, J. P.; BARBER, J. A.; MONTAGNE, C.; BOURGERON, P. S. Spatial modelling of rangeland potential vegetation environments. **Journal of Range Management**, Wheat Ridge, v. 51, n. 5, p. 528-536, 2001.

JURINITZ, C. F.; JARENKOW, J. A. Estrutura do componente arbóreo de uma floresta estacional na Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 475-487, 2003.

KÖPPEN, W. **Das geographische system der klimatologie**. Berlin, 1936. 44 p.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil: região sul**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1990. p.113-150.

LEITE, P. F. As diferentes unidades fitoecológicas da região sul do Brasil – proposta de classificação. **Caderno de Geociências**, Rio de Janeiro, n.15, p. 73-164, 1995.

LEITE, P. F. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do país. In: MARCHIORI, J. N. C. **Fitogeografia do Sul da América**. v. 26. Santa Maria: Editora UFSM, 2002. p. 53-99.

LINDMAN, C. A. M. **A vegetação no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Universal, 1906. 356 p.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985. 120 p.

LOPES, T. S.; LEITE, V. R.; LEITE, G. R. Modelagem de nicho ecológico e conservação de *Dalbergia nigra*, espécie ameaçada de extinção. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 438-440, 2007.

LOPES, R. C.; GRELE, C. E. V. Modelagem da distribuição potencial de *Brachyteles arachnoides* com base em variáveis climáticas. In: **Congresso Brasileiro de Ecologia do Brasil**, 8, 2007, Caxambu, Anais... Sociedade de Ecologia do Brasil, 2007. p. 1-2

MALUF, J. R. T.; CAIAFFO, M. R. R. Regiões ecoclimáticas do estado do Rio Grande do Sul. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 12, 2001, Fortaleza, Anais... Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001. p. 151-152

MANTOVANI, M.; RUSCHEL, A. R.; REIS, M. S.; PUCHALSKI, A.; NODARI, R. O. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da Floresta Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 451-458, 2003.

MANTOVANI, W. Ecologia da Floresta Pluvial Atlântica. In: CLAUDINO-SALES, V. **Ecosistemas brasileiros: manejo e conservação**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2003. p. 265-278.

MARCHIORETTO, M. S.; MAUHS, J.; BUDKE, J. C. Fenologia de espécies arbóreas zoocóricas em uma floresta psamófila no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 21, p. 193-201, 2007.

MARCHIORI, J.N.C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul: enfoque histórico e sistemas de classificação**. Porto Alegre: EST Edições, 2002. 118 p.

MARCHIORI, J.N.C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul: campos sulinos**. Porto Alegre: Edições EST, 2004. 110 p.

MARQUES, M. C. M.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas florestas de restinga da Ilha do Mel, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, p. 713-723, 2004.

MARQUES, M. C. M.; ROPER, J. J.; SALVALAGGIO, A. P. B. Phenological patterns among plant life forms in a Subtropical Forest in Southern Brazil. **Plant Ecology**, v. 173, p. 203-213, 2004.

MATTEI, G.; MÜLLER, S. C.; PORTO, M. L. Corredores de imigração e distribuição de espécies arbóreas no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 12-14, 2007.

MATZENAUER, R.; VIANA, D. R.; BUENO, A. C.; MALUF, J. R. T.; CARPENEDO, C. B. Regime anual e estacional de chuvas no Rio Grande do Sul. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 15, 2007, Aracaju, Anais... Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007.

MEDEIROS, S. S.; CECÍLIO, R. A.; MELO JÚNIOR, J. C. F.; SILVA JUNIOR, J. L. C. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 247-255, 2005.

MONTEIRO, C. A. F. Clima. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil: região sul**. Rio de Janeiro, 1968. 211 p.

MORELLATO, L. P. C.; RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F.; JOLY, C. A. Estudo comparativo de espécies arbóreas de Floresta de Altitude e Floresta Mesófila Semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo. V. 12, p. 85-98, 1989.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos. v. 50, p. 163-173, 1990.

MORELLATO, L. P. C.; TALORA, D. C.; TKAHASI, A.; BENCKE, C. C.; ROMERA, E. C.; ZIPPARO, V. B. Phenology of Atlantic Rain Forest trees: a comparative study. **Biotropica**, v. 32, p. 811-823, 2000.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, 1961, 42 p.

MOTA, F. S.; BEIRSDORF, M. I. C.; GARCEZ, J. R. B. **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina: normais agroclimáticas**. Pelotas: Instituto de Pesquisa Agropecuária do Sul, 1971.

NASCIMENTO, R. S.; BRITO, J. I. B. Modelo de vegetação potencial para a região nordeste decorrente da precipitação pluvial. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 511-519, 2007.

NASCIMENTO, R. S.; BRITO, J. I. B. Avaliação de um modelo de vegetação potencial para a região nordeste com restrições hídricas. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Campina Grande. v. 8, n. 1, p. 161-167, 2008.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1979, 421 p.

OLIVEIRA, R. M. **Relação entre distribuição de espécies arbóreas em matas úmidas e os fatores ambientais da costa atlântica brasileira**. 202 f. Tese (Doutorado em Geociências), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

OLIVEIRA-FILHO, A.; JARENKOW, J. A.; BUDKE, J. C. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests and the influence of climate II: the southern scenario. **Biotropica**, 2009 (in press).

OYAMA, M. D; NOBRE, C. A. Um modelo de vegetação potencial para estudos climáticos. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 12, 2002, Foz do Iguaçu, Anais... Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2002. p. 377-392.

PEDRO JÚNIOR, M. J.; MELLO, M. H. A.; ORTOLANI, A. A.; ALFONSI, R. R.; SENTELHAS, P. C. **Estimativa das temperaturas médias mensais das máximas e das mínimas para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1991. 11 p. (Boletim Técnico, 142).

PEZZOPANE, J. E. M.; SANTOS, E. A.; ELEUTÉRIO, M. M.; REIS, E. F.; SANTOS, A. R. Espacialização da temperatura do ar no estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 151-158, 2004.

PILLAR, V. P. Dinâmica de expansão florestal em mosaicos de florestas e campos no sul do Brasil. In: CLAUDINO-SALES, V. **Ecosistemas brasileiros: manejo e conservação**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2003. p. 209-216.

PILLAR, V. P. 1995. **Clima e vegetação**. Disponível em: <<http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>>. Acesso em: 03 mar. 2007.

PIMENTEL, M. G. P. **Método de estimativa de temperaturas mínimas e máximas médias mensais climatológicas do ar no Rio Grande do Sul**. 77 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.

PORTO, M. L. As formações vegetais: evolução e dinâmica da conquista. In: MENEGAT, R. **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2006.

RAMBO, B. A imigração da selva higrófila no Rio Grande do Sul. **Anais Botânicos do Herbário Barbosa Rodrigues**. Itajaí, v.3, p. 55-91, 1951.

RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: Selbach, 1956. 456 p.

RAMBO, B. Migration routes of the South Brazilian rain forest. **Pesquisas – Botânica**. Porto Alegre, n. 12, p. 1-54, 1961.

REIS, M. H.; GRIEBELER, N. P.; SARMENTO, P. H. L. Espacialização de dados de precipitação e avaliação de interpoladores para projetos de drenagem agrícola no estado de Goiás e Distrito Federal. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 12, 2005, Goiânia, Anais... São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005. p. 229-236.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 501 p.

SEDIYAMA, G. C.; MELO JÚNIOR, J. C. F. Modelos para estimativas das temperaturas normais mensais médias, máximas, mínimas e anual no Estado de Minas Gerais. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 6, n. 1, p. 57-61, 1998.

SEHNEM, A. Semelhanças e diferenças nas formações florestais do sul do Brasil. **Acta Biologica Leopoldensia**. São Leopoldo, v.1, p. 111-135, 1979.

SCUDELLER, V. V. **Análise fitogeográfica da Mata Atlântica - Brasil**. 204 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

SIQUEIRA, M. F. **Análise florística e ordenação de espécies arbóreas da Mata Atlântica através de dados binários**. 143 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.

SIQUEIRA, M. F. **Uso de modelagem de nicho fundamental na avaliação do padrão de distribuição geográfica de espécies vegetais**. 107 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

SIQUEIRA, M. F.; DURIGAN, G. Modelagem da distribuição geográfica de espécies lenhosas de cerrado no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, v. 30, n. 2, p. 233-243, 2007.

SMITH, L. B. Origins of the flora of southern Brazil. **Contributions from the United States National Herbarium**. v. 35, n. 3, p. 215-247, 1962.

SOS Mata Atlântica. **Atlas da Mata Atlântica**. Site: <<http://www.sosmatatlantica.org.br/index.php?section=atlas&action=atlas>>. Acesso em: 05 jan. 09.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; KLAMT, E.; SCHNEIDER, P.; NASCIMENTO, P. C.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S.; DALMOLIN, R. S. D. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 p.

TEIXEIRA, M. B.; COURA-NETO, A. B.; PASTORE, U.; RANGEL FILHO, A. L. R. Vegetação. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. v. 33, 1986. p. 543-619.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Base cartográfica digital do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004. Escala 1:250.000.

VALERIANO, M. M.; PICINI, A. G. Uso de Sistema de Informação Geográfica para a geração de mapas de médias mensais de temperatura do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 255-262, 2000.

VELOSO, H. P. **Os grandes climas do Brasil: considerações sobre a vegetação na região sul-brasileira**. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. n. 2, p. 175-194, 1962 (Documento, 60).

VIEIRA, E. F. **Rio Grande do Sul: geografia física e vegetação**. Porto Alegre: Sagra, 1984. 183 p.

WAECHTER, J. L. Padrões geográficos na flora atual do Rio Grande do Sul. In: MARCHIORI, J. N. C. **Fitogeografia do Sul da América**. Santa Maria: Editora UFSM, 2002. p. 94-107.

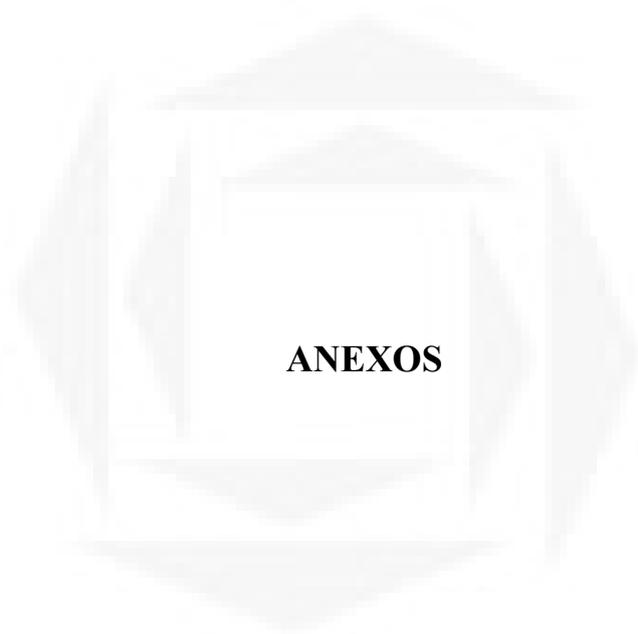
WAECHTER, J. L.; JARENKOW, J.A. Padrões geográficos como evidência de processos dinâmicos em florestas sul-brasileiras. In: CLAUDINO-SALES, V. **Ecosistemas brasileiros: manejo e conservação**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2003. p. 217-226.

WALTER, H. **Vegetation of Earth, in relation of climate and the ecophysiological condition**. London: University Press, 1973. 237 p.

WALTER, H. **Vegetação e zonas climáticas**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1986. 325 p.

WOODWARD, F. I. **Climate and plant distribution**. Cambridge: Cambridge University Press, 1986. 167 p.

WOODWARD, F. I. **Global climate and the distribution of plant biomes**. Philosophical Transactions of The Royal Society – Biological Sciences, v.359, p. 1465-1476, 2004.



**ANEXOS**

UNIVATES

ANEXO A – Ofício atestando a impossibilidade de obtenção de dados meteorológicos na FEPAGRO (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária)

Porto Alegre, 08 de agosto de 2007.

Ofício 002 – Centro de Meteorologia Aplicada

Prezados:

Em resposta a solicitação dos dados meteorológicos dos últimos **30 anos** feita pela sua Instituição, informamos que, considerando o grande volume de dados **não** podemos atender a solicitação, por configurar doação de patrimônio público. Caso haja interesse em dados regionais, com dados mensais poderemos reavaliar a situação.

Informamos ainda que, os dados meteorológicos diários são fornecidos mediante pagamento conforme tabela constante da portaria de preços da Fepagro.

Sem mais,

Atenciosamente,



Ronaldo Matzenauer

Director do Centro de Meteorologia Aplicada

Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – Fepagro

Prezados:

**Simone Stülp** – Pró-Reitora de Pesquisa, Extensão e Pós-graduação

**Claus Haetinger** – Coordenador do PPGAD

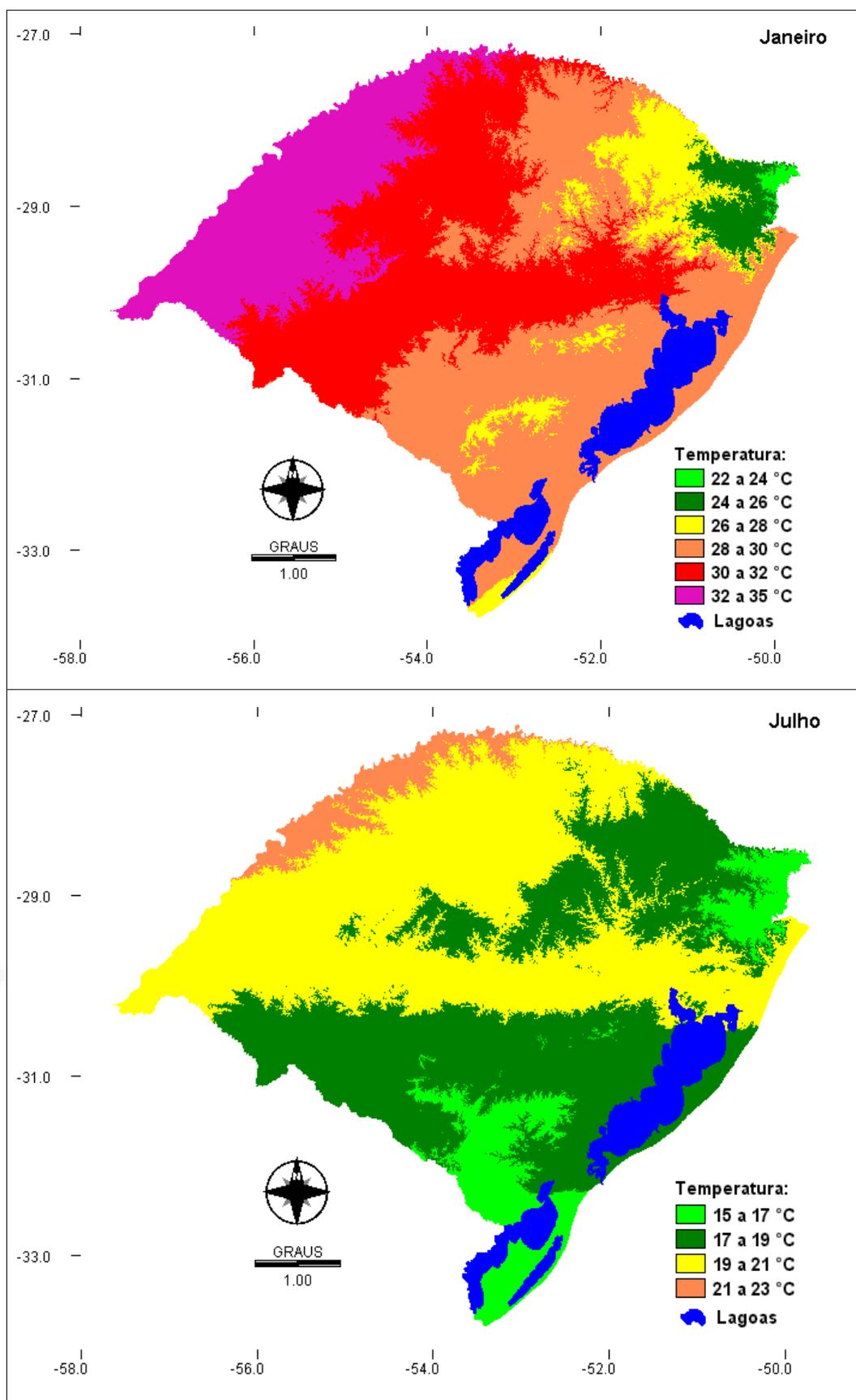
CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES  
Rua Avelino Tallini, 171 – Bairro Universitário – Lajeado, RS.  
CEP 95900-000

*loiente*

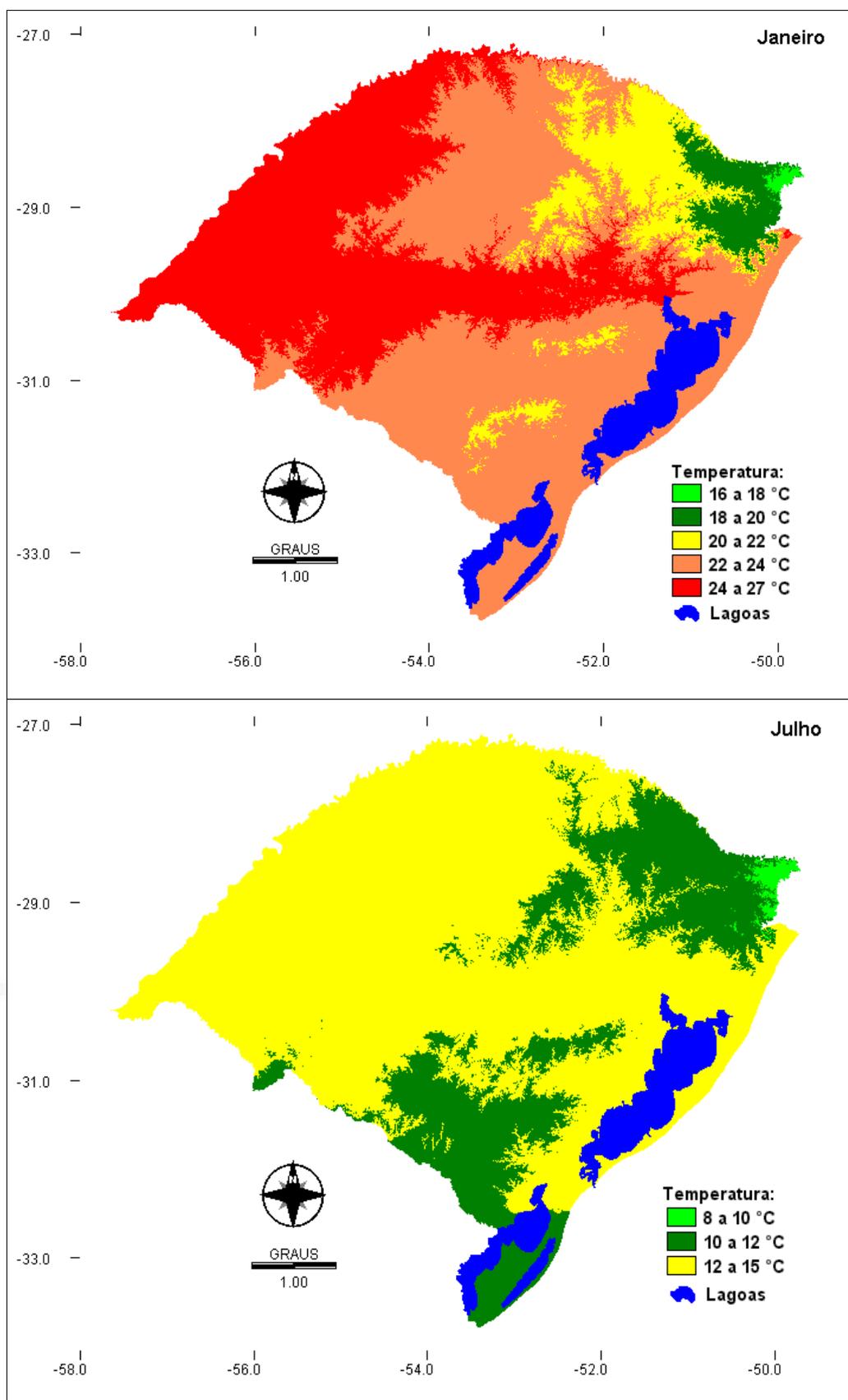
*Ao Coordenador  
do PPGAD.*

*Simone Stülp  
14/08/07*

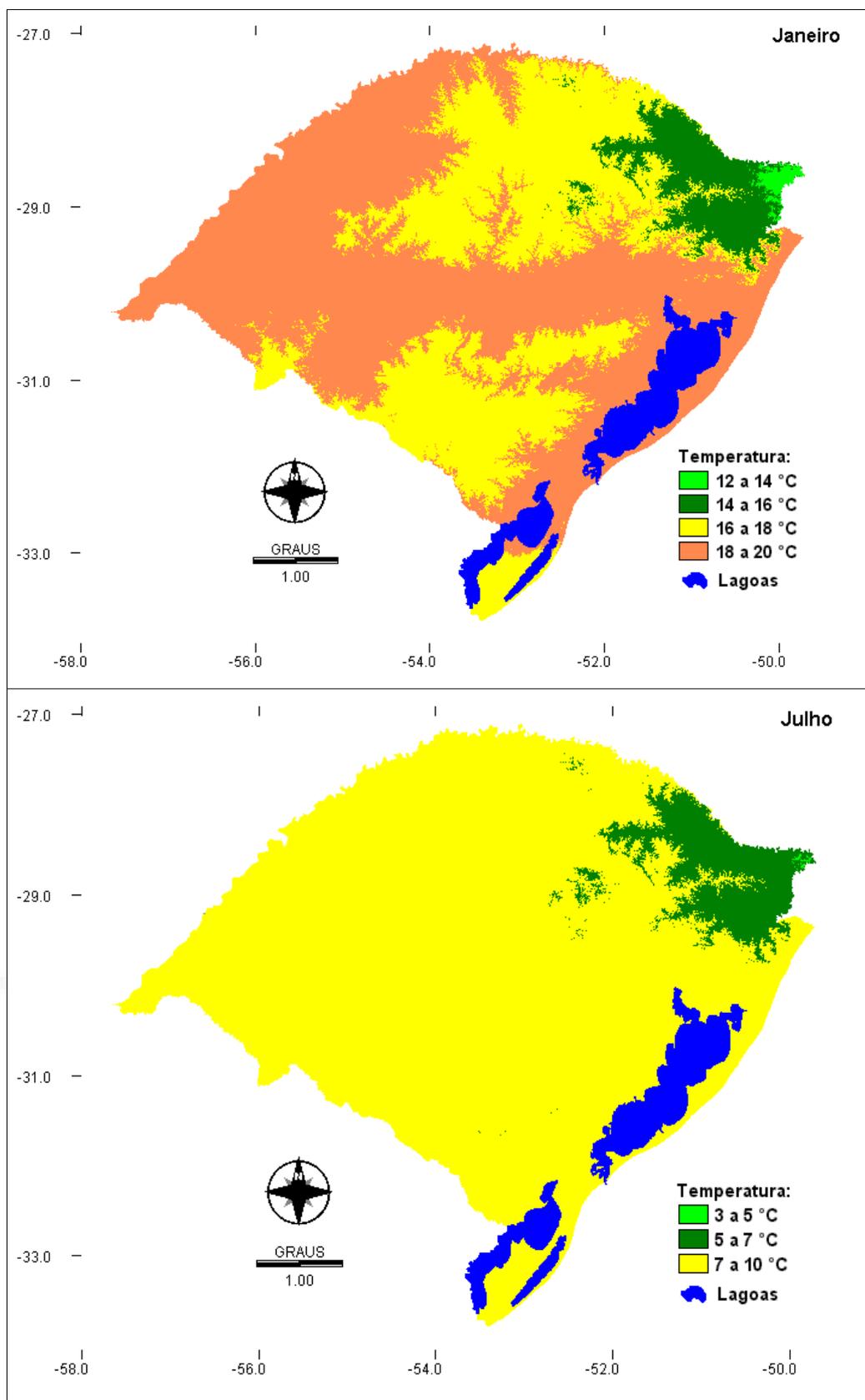
ANEXO B - Mapas da temperatura média máxima do ar (°C) nos meses de janeiro e julho no Rio Grande do Sul



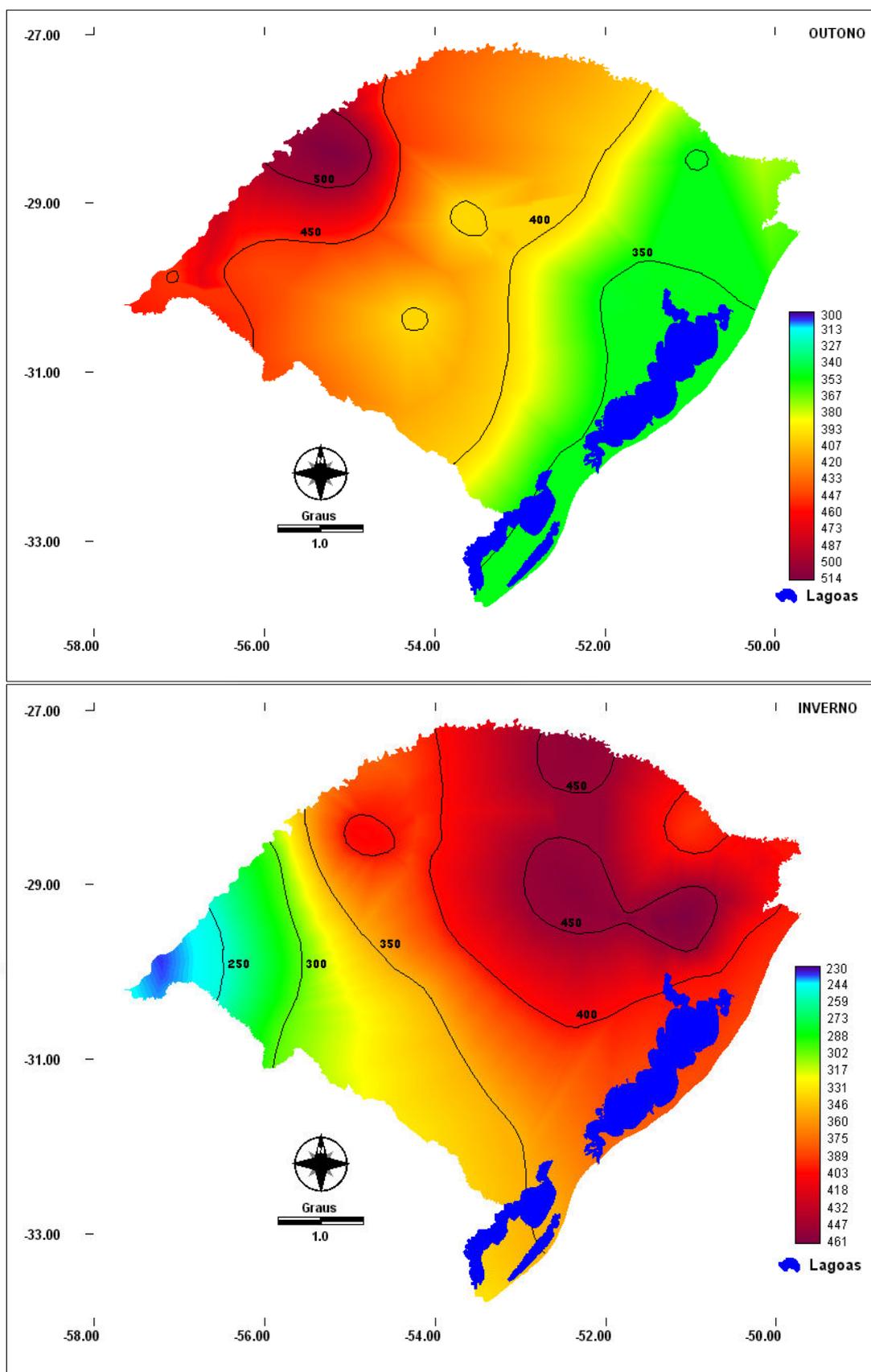
ANEXO C - Mapas da temperatura média do ar (°C) nos meses de janeiro e julho no Rio Grande do Sul



ANEXO D - Mapas da temperatura média mínima do ar (°C) nos meses de janeiro e julho no Rio Grande do Sul



ANEXO E - Mapa da precipitação pluviométrica (mm) nas estações outono e inverno no Rio Grande do Sul



ANEXO F - Mapa da precipitação pluviométrica (mm) nas estações primavera e verão no Rio Grande do Sul

