



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA**

**REGIONALIZAÇÃO CLIMÁTICA DO RIO GRANDE DO SUL COM
BASE NO ZONEAMENTO DO CONFORTO TÉRMICO HUMANO**

João Paulo Assis Gobo

**São Paulo
2013**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA**

**REGIONALIZAÇÃO CLIMÁTICA DO RIO GRANDE DO SUL COM
BASE NO ZONEAMENTO DO CONFORTO TÉRMICO HUMANO**

João Paulo Assis Gobo

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências (Geografia Física).

Orientador: Prof. Dr. Emerson Galvani

**São Paulo
2013**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

GG574r Gobo, João Paulo Assis
r Regionalização climática do Rio Grande do Sul com
base no zoneamento do conforto térmico humano / João
Paulo Assis Gobo ; orientador Emerson Galvani. -
São Paulo, 2013.
184 f.

Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas da Universidade de São
Paulo. Departamento de Geografia. Área de
concentração: Geografia Física.

1. Geografia. 2. Geografia Física. 3. Climatologia
Geográfica. 4. Conforto Térmico. 5. Regionalização.
I. Galvani, Emerson , orient. II. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

João Paulo Assis Gobo

**REGIONALIZAÇÃO CLIMÁTICA DO RIO GRANDE DO SUL COM BASE NO
ZONEAMENTO DO CONFORTO TÉRMICO HUMANO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para a obtenção do grau de Mestre em Geografia Física.

Aprovado em: __ / __ / __

Banca Examinadora

Prof. Dr. Emerson Galvani (Presidente / Orientador)

Instituição: FFLCH - Universidade de São Paulo

Assinatura: _____

Prof^a. Dr^a. Ligia Vizeu Barrozo

Instituição: FFLCH - Universidade de São Paulo

Assinatura: _____

Prof. Dr. Fábio Luiz Teixeira Gonçalves

Instituição: IAG – Universidade de São Paulo

Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

A minha mãe, Maria Angelina Assis Gobo, pelo exemplo de força, fé e dedicação e por sempre me incentivar na busca por meus sonhos, com a idéia convicta de que tudo é possível com fé e amor.

Ao meu avô materno, Silvio Ardenghi Assis(in memoriam), e ao meu avô paterno, Armando Rosa Gobo (in memoriam), onde quer que estejam, essa é pra vocês!

AGRADECIMENTOS

Gostaria de ter aqui o mesmo número de páginas dessa dissertação para poder expressar todo o meu carinho e minha gratidão as pessoas que de uma forma ou de outra estiveram comigo no trilhar deste caminho e contribuíram de alguma maneira na concretização deste sonho.

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, ser, este, que está em tudo ao meu redor e o encontro, também, dentro de mim, o qual é a razão incontestável do meu existir.

À Universidade de São Paulo, pela excelência de ensino e pesquisa, bem como pela oportunidade de acréscimo intelectual, profissional e acadêmico que me proporcionou.

Ao meu grande amigo, grande mestre, pessoa excepcional, Professor Orientador, Prof. Dr. Emerson Galvani, por ter sido muito mais do que um disseminador de conhecimento, por ter sido, acima de tudo ele mesmo, autêntico, verdadeiro, leal, correto e um grande exemplo pessoal e profissional para mim. Agradeço muito pelos puxões de orelha, pelas sempre sábias palavras de apoio, pela alegria contagiante e pela amizade, pois em três anos tornou-se um amigo de vida toda.

Aos Professores, Dr. Fábio Luiz Teixeira Gonçalves e Dra. Lígia Vizeu Barroso, os quais tenho imenso carinho e respeito, pelas grandes considerações realizadas na banca de qualificação e pela disponibilidade a qual sempre me receberam.

À Prof^a. Dr^a. Maria da Graça Barros Sartori, a qual devo grande parte da minha paixão pela climatologia geográfica e pela geografia. Obrigado pela amizade, dedicação e conhecimentos passados a mim ao longo destes anos. Mesmo distante, sabes o quanto representas para mim e o quanto és especial.

Aos meus pais Lauri Antônio Rosa Gobo e Maria Angelina Assis Gobo e a minha irmã Luciana Assis Gobo, minhas fortalezas, meus alicerces. Sem vocês não teria

sentido, não teria brilho, não haveria essência em absolutamente tudo o que eu represento neste plano de vida. Vocês são para mim o verdadeiro significado de AMOR.

A minha Avó Adelaide Andretti Assis, pelo amor dedicado a mim desde sempre, pela influência direta na minha paixão pela natureza, pelo céu, pelo tempo, pelo sol, pelas plantas, pela comida, pela percepção das belezas mais simples que a vida nos proporciona. Obrigado pela poesia que representa na minha vida.

Aos meus grandes amigos de uma vida inteira: Leandro Furini Coelho, Rafael Curry da Silva, Lucas Martins de Oliveira, Eduardo Miranda, Rochele Lyrio, Tássia Machado Medeiros, Carla Rizzardi e André Amorin, os quais nem a distância, nem o tempo afastou, e em especial ao Juliano Bertinato, grande irmão, amigo de infância o qual convivi diariamente nestes anos em São Paulo, obrigado pela amizade verdadeira, pelo companheirismo e pela alegria que transmite sempre.

Aos meus amigos da época de Graduação em Santa Maria, em especial ao Cássio, Arthur Wollmann e a Gabriela Portes, pela amizade verdadeira, sincera e altruísta, que sempre foram a característica de ambos. Obrigado por terem sido sempre grandes amigos e por sempre me ajudarem nos momentos em que mais tive dificuldade neste caminho da experiência científica.

Aos amigos do "te pela" Eduardo Ríffel, Felipe Leindecker Montebianco, Roberto Antunes, Carlos Adriano Lucas e Bruno Nunes, pela grande amizade construída durante a faculdade e sempre fortalecida mesmo que a distância teime em nos afastar.

Aos colegas do Laboratório de Climatologia e Biogeografia da FFLCH/USP, Rogério Alves, Nádia Lima, Thiago Silveira, e em especial ao Roberto Luiz dos Santos Antunes (Chaves), pela longa amizade desde os tempos de Santa Maria, e que foi profundamente fortalecida diariamente em São Paulo.

Aos grandes amigos e compadres, José Roberto e Isabel Santin, obrigado pela amizade e pelo companheirismo nestes anos em São Paulo. Obrigado pela televisão, a qual me possibilita ver os jogos do Grêmio.

Aos amigos feitos no Curso de Pós-Graduação em Geografia Física da USP, em especial ao Orlando Silva, pela alegria contagiante e por ser sempre prestativo e atencioso durante o tempo em que estive na secretaria da Revista do Departamento de Geografia.

Ao INMET pela disponibilização dos dados meteorológicos utilizados nesta pesquisa.

A Capes, pelo financiamento dos meus estudos durante este período de mestrado.

E um agradecimento especial ao Grêmio Foot-Ball Porto Alegrense, pelas alegrias e também pelo sofrimento que as vezes me proporciona, mas que só aumenta este amor descontrolado. Que esse ano consigamos grandes glórias.

Enfim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma me apoiaram nesta trajetória.

"(...)penetrar no âmago das coisas - mesmo uma coisa pequena, como uma folha de capim, como disse Walt Whitman - é experimentar uma espécie de satisfação, a qual, neste planeta, talvez só os seres humanos possam sentir."

*Carl Sagan em "O Cérebro de Broca - Reflexões sobre a beleza da ciência".
(Editora: Gradiva Publicações, p. 36, 1979, edição 2009).*

RESUMO

GOBO, J. P. A. **Regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico humano**. 2013. 184 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

A sensação de conforto térmico está associada com o ritmo de troca de calor e umidade entre o corpo humano e o ambiente. O corpo humano reage diferentemente às variações de temperatura e procura se autorregular com finalidade de manter em equilíbrio a sua temperatura interna, buscando adequar-se ao meio em que está inserido. A razão de se criarem condições de conforto térmico, reside, portanto, no desejo do homem de sentir-se termicamente confortável, além disso, o conforto térmico pode ser justificado do ponto de vista do desempenho humano, bem como a resistência a determinadas enfermidades e a produtividade dos indivíduos. Assim, o conforto térmico pode ser visto e analisado, sob dois aspectos: do ponto de vista pessoal e do ponto de vista ambiental. A partir disto, o objetivo geral desta pesquisa foi avaliar as condições de conforto térmico nas escalas regional e sub-regional no estado do Rio Grande do Sul, segundo as médias mensais e sazonais de temperatura do ar, da umidade relativa do ar e velocidade do vento com a finalidade de se estabelecer uma regionalização climática para o estado com base no zoneamento do conforto térmico humano. Estabeleceram-se, também, as condições de conforto térmico para os anos-padrões mais chuvoso, menos chuvoso e habitual. Os sistemas atmosféricos predominantes nestes anos também foram avaliados. Fez-se a fundamentação teórica relativa ao tema, bem como se utilizou da base de dados climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Tal base foi digitalizada com auxílio de SIG (Sistema de Informação Geográfica), bem como procedeu-se a construção do banco de dados, no qual foram atribuídos os índices de Temperatura Efetiva com Vento (TEv), para as estações de outono e inverno, e o índice de Temperatura Resultante (TR) para as estações de primavera e verão. As faixas de sensação térmica foram definidas a partir das classes elaboradas por Fanger (1972) e adaptadas para São Paulo, SP por Maia e Gonçalves (2002). Ao todo foram utilizadas 23 estações meteorológicas distribuídas pelos distintos compartimentos geomorfológicos da área de estudo em uma série de 30 anos com dados diários. As estações do outono, verão e primavera mostraram-se como sendo as estações em que a determinação das faixas de sensação térmica na área de estudo apresentaram-se mais influenciadas pelos controles geográficos, tais como altitude, continentalidade, maritimidade e latitude, enquanto a estação de inverno apresentou forte influência da dinâmica atmosférica regional. Dentre os sistemas atmosféricos definidores da zonação climática, pode-se destacar a Massa Polar Atlântica (MPA) e Frente Polar Atlântica (FPA) na primavera, Massa Polar Velha (MPV), Massa Tropical Atlântica (MTA) e Massa Tropical Continental (MTC) no verão, MPA e Frente Estacionária (FE) no outono, e MPA no inverno.

Palavras-chave: conforto térmico humano; regionalização; zoneamento; Rio Grande do Sul; anos-padrão; ritmo climático; sistemas atmosféricos.

ABSTRACT

GOBO, J. P. A. **Climatic regionalization of Rio Grande do Sul based on zoning of the human thermal comfort**. 2013. 184 p. Thesis (Master Degree) - Faculty of Philosophy, Letters and Human Sciences, University of São Paulo, São Paulo, 2013.

The thermal comfort is associated with the rhythm of exchange of the heat and humidity between the human body and the environment. The human body reacts differently to temperature variations and demands regulate themselves in order to maintain balance in your internal temperature, trying to adapt to the environment in which it is inserted. The reason for creating the conditions for thermal comfort resides therefore in the man's desire to feel thermally comfortable, furthermore, the thermal comfort can be justified from the point of view of human performance as well as resistance to certain diseases and productivity of individuals. So, thermal comfort can be viewed and analyzed in two ways: from a personal standpoint and an environmental standpoint. From this, the objective of this research was to evaluate the thermal comfort conditions in the regional and sub-regional scales in the state of Rio Grande do Sul, according to the mean monthly and seasonal air temperature, relative humidity and air velocity wind in order to establish a climatic regionalization conditions for zoning based on human thermal comfort. Also were established the conditions for thermal comfort standards, years rainier, less rainy and habitual. Weather systems prevalent in these years were also evaluated. The theoretical foundation on the topic as well as the climatic data base of the National Institute of Meteorology (INMET) was used for research. This data base was scanned with the help of GIS (Geographic Information System), and the organization proceeded to build the database, which was assigned indices Effective Temperature with Wind (ETW), for fall and winter, and Resulting Temperature index (RT) for the spring and summer seasons. The tracks of thermal sensation were defined from the classes developed by Fanger (1972) and adapted to São Paulo, SP and by Maia and Gonçalves (2002). As a whole we used 23 weather stations distributed across different geomorphological compartments of the study area into a series of 30 years with daily data. The seasons of fall, summer and spring showed up as the seasons in which the determination of thermal sensation tracks in the study area present themselves as being influenced by geographic controls, such as altitude, continentality, proximity and distance from the ocean and latitude, while the winter station showed strong influence of regional atmospheric dynamics. Among the atmospheric systems defining the climatic zonation, we can highlight the Mass Polar Atlantic (MPA) and Atlantic Polar Front (APF) in the spring, Polar Old Mass (POM), Mass Tropical Atlantic (MTA) and Mass Tropical Continental (MTC) in the summer, MPA and Stationary Front (SF) in the fall and MPA in the winter.

Keywords: human thermal comfort; regionalization; zoning; Rio Grande do Sul; standard years; climatic rhythm; atmospheric systems.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 01 – <i>Relação dos principais ventos mundiais e relação com a temperatura e umidade.....</i>	21
Quadro 02 - <i>Localização das estações meteorológicas do INMET.....</i>	74
Quadro 03 – <i>Classes de conforto térmico adaptadas à pesquisa.....</i>	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	- Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para a série de 30 anos	96
Tabela 02	- Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para a primavera de 2002.....	104
Tabela 03	- Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o verão de 2002	106
Tabela 04	- Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o outono de 2002.....	108
Tabela 05	- Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o inverno de 2002.....	110
Tabela 06	- Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para a primavera de 2004.....	112
Tabela 07	- Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o verão de 2004.....	114
Tabela 08	- Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o outono de 2004.....	116
Tabela 09	- Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o inverno de 2004.....	118
Tabela 10	- Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para a primavera de 2007.....	120
Tabela 11	- Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o verão de 2007.....	122
Tabela 12	- Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o outono de 2007.....	124
Tabela 13	- Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o inverno de 2007.....	126
Tabela 14	- Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes na primavera do ano-padrão mais chuvoso (2002).....	133

- Tabela 15** – *Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no verão do ano-padrão mais chuvoso (2002)..... 135*
- Tabela 16** – *Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no outono do ano-padrão mais chuvoso (2002).....137*
- Tabela 17** – *Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no inverno do ano-padrão mais chuvoso (2002).....139*
- Tabela 18** – *Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes na primavera do ano-padrão menos chuvoso (2004)..... 141*
- Tabela 19** – *Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no verão do ano-padrão menos chuvoso (2004)..... 143*
- Tabela 20** – *Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no outono do ano-padrão menos chuvoso (2004)..... 145*
- Tabela 21** – *Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no inverno do ano-padrão menos chuvoso (2004)..... 146*
- Tabela 22** – *Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes na primavera do ano-padrão habitual (2007)..... 148*
- Tabela 23** – *Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no verão do ano-padrão habitual (2007)..... 150*
- Tabela 24** – *Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no outono do ano-padrão habitual (2007)..... 151*
- Tabela 25** – *Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no inverno do ano-padrão habitual (2007)..... 153*

Tabela 26 – <i>Relação percentual de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas a Dinâmica Atmosférica (DA) e ao Zoneamento (Zon) sazonal do conforto térmico humano para os três anos padrões estabelecidos.....</i>	160
---	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Localização do estado do Rio Grande do Sul.....	07
Figura 02 – Divisão municipal do Rio Grande do Sul.....	08
Figura 03 – As províncias geológicas do Rio Grande do Sul.....	08
Figura 04 – Hipsometria e compartimentos geomorfológicos do Rio Grande do Sul.....	09
Figura 05 – Representação original da temperatura efetiva	25
Figura 06 – Índice esquemático bioclimático.....	29
Figura 07 - Diagrama de Givone, 1969.....	30
Figura 08 – Ábaco de Koenigsberger (1973).....	39
Figura 09 – Mapa do zoneamento Bioclimático Brasileiro.....	52
Figura 10 – Mapa do nível de conforto médio anual para o México.....	53
Figura 11 – Mapa do zoneamento agroclimático para o cultivo de rosas no Rio Grande do Sul.....	56
Figura 12 – Mapa da regionalização bioclimática para o Brasil.....	57
Figura 13 - Normais climatológicas (1961-1990) da temperatura do ar e precipitação pluviométrica para Bagé-RS.....	63
Figura 14 – Normais climatológicas (1961-1990) da temperatura do ar e precipitação pluviométrica para Bom Jesus-RS.....	63
Figura 15 - Normais climatológicas (1961-1990) da temperatura do ar e precipitação pluviométrica para Santa Maria-RS.....	64
Figura 16 – Normais climatológicas (1961-1990) da temperatura do ar e precipitação pluviométrica para São Luiz Gonzaga-RS.....	64
Figura 17 – Normais climatológicas (1961-1990) da temperatura do ar e precipitação pluviométrica para Torres-RS.....	65
Figura 18 – Posição da frente polar durante o inverno e o verão na América do Sul.....	67
Figura 19 – Regimes diurnos e mensais de ventos nas diversas regiões do Rio Grande do Sul	71
Figura 20 – Mapa de localização da rede de estações meteorológicas do INMET utilizadas na pesquisa.....	73

Figura 21 – Exemplo de planilha utilizada para a manipulação dos dados médios mensais e sazonais dos elementos do clima utilizados nesta pesquisa.....	75
Figura 22 – Exemplo de planilha utilizada para o cálculo do índice TEv dados médios anuais para cada estação do ano por estação meteorológica.....	76
Figura 23 - Exemplo de planilha utilizada para o cálculo médio sazonal do índice TR de todos os anos da série de todas as estações meteorológica.....	77
Figura 24 – Exemplo de planilha utilizada para o cálculo médio sazonal do índice TEv e TR de todos os anos da série, de todas as estações meteorológicas.....	78
Figura 25 - Ambiente de trabalho Surfer - Ajustes de escala do mapa, georreferenciamento, vetorização e construção dos polígonos para os dados TEv e TR.....	79
Figura 26 – Ambiente de trabalho Surfer - Atribuição dos valores TEv aos polígonos	79
Figura 27 – Construção - exportação para o ArcGis e construção do banco de dados.....	81
Figura 28 – Edição cartográfica final.....	81
Figura 29 – Distribuição anual da precipitação pluviométrica para o estado do Rio Grande do Sul na série de 30 anos (1981 - 2010) das 23 estações meteorológicas estudadas	83
Figura 30 – Pluviometria mensal em 2002, 2004 e 2007.....	84
Figura 31 - Planilha dos dados TEv para os meses representativos de outono e inverno dos três anos-padrão.....	85
Figura 32 - Planilha dos dados de TR para os meses representativos de primavera e verão dos três anos-padrão.....	86
Figura 33 – Ambiente de trabalho do software Ritmoanálise.....	88
Figura 34 – Sobreposição de Layer (mapas) para obtenção do zoneamento do conforto térmico para a série de 30 anos de dados.....	89
Figura 35 - Sobreposição de Layer (mapas) para obtenção do zoneamento do conforto térmico para o Rio Grande do Sul.....	90
Figura 36 – Sobreposição de Layer (mapas) para obtenção do zoneamento final do conforto térmico para o Rio Grande do Sul.....	91

Figura 37 – Mapa do zoneamento do conforto térmico para a série de 30 anos	95
Figura 38 – Mapa do zoneamento do conforto térmico para os meses de verão da série de 30 anos.....	97
Figura 39 – Mapa do zoneamento do conforto térmico para os meses de outono da série de 30 anos.....	99
Figura 40 – Mapa do zoneamento do conforto térmico para os meses de inverno da série de 30 anos.....	101
Figura 41 – Mapa do zoneamento do conforto térmico para os meses de primavera da série de 30 anos.....	103
Figura 42 – Mapa do zoneamento do conforto térmico para a primavera do ano-padrão mais chuvoso (2002).....	105
Figura 43 – Mapa do zoneamento do conforto térmico para o verão do ano-padrão mais chuvoso (2002).....	107
Figura 44 – Mapa do zoneamento do conforto térmico para o outono do ano-padrão mais chuvoso (2002).....	109
Figura 45 – Mapa do zoneamento do conforto térmico para o inverno do ano-padrão mais chuvoso (2002).....	111
Figura 46 – Mapa do zoneamento do conforto térmico para a primavera do ano-padrão menos chuvoso (2004).....	113
Figura 47 – Mapa do zoneamento do conforto térmico para o verão do ano-padrão menos chuvoso (2004).....	115
Figura 48 – Mapa do zoneamento do conforto térmico para outono do ano-padrão menos chuvoso (2004).....	117
Figura 49 – Mapa do zoneamento do conforto térmico para o inverno do ano-padrão menos chuvoso (2004).....	119
Figura 50 – Mapa do zoneamento do conforto térmico para a primavera do ano-padrão habitual (2007).....	121
Figura 51 – Mapa do zoneamento do conforto térmico para o verão do ano-padrão habitual (2007).....	123
Figura 52 – Mapa do zoneamento do conforto térmico para o outono do ano-padrão habitual (2007).....	125
Figura 53 – Mapa do zoneamento do conforto térmico para o inverno do ano-padrão habitual (2007).....	127

Figura 54 – Mapa do zoneamento do conforto térmico sazonal para os anos-padrão 2002, 2004 e 2007.....	129
Figura 55 – Mapa do zoneamento do conforto térmico para o Rio Grande do Sul	155
Figura 56 – Mapa da regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico humano.....	158
Figura 57 – Mapa da macro-regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico humano.....	161

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**Abreviaturas - Climatologia**

C – Ciclogênese

Cfa – Clima úmido, com verões quentes.

Cfb – Clima úmido, com verões moderadamente quentes.

FE – Frente Estacionária

FPA – Frente Polar Atlântica

FQ – Frente Quente

MPA – Massa Polar Atlântica

MPV – Massa Polar Velha

MTA – Massa Tropical Atlântica

MTC – Massa Tropical Continental

MQ - Muito quente

Q - Quente

QM - Quente Moderado

LQ - Ligeiramente Quente

C - Confortável

LF - Ligeiramente Frio

FM - Frio Moderado

F - Frio

MF - Muito Frio

TEv - Temperatura Efetiva com Vento

TE - Temperatura Efetiva

TEC - Temperatura Efetiva Corrigida

TR - Temperatura Resultante

ID - Índice de Desconforto

TO - Temperatura Ótima

THI - Índice de Temperatura e Umidade

IST - Índice de Sensação Térmica

Tb - Temperatura basal

Abreviaturas – Órgãos Públicos e de Pesquisa Científica

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FEPAGRO – Fundação Estadual de Pesquisas Agropecuárias

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

SEMA – Secretaria Estadual de Meio Ambiente

SEMC – Secretaria Estadual de Minas, Energia e Comunicação

Abreviaturas – Geoprocessamento

GRID – Rede ou malha, de pontos ou linhas, quando aplicada ao geoprocessamento

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SHP – Shapefile (Extensão dos arquivos do software ArcGis)

UTM – Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 - JUSTIFICATIVA.....	3
2. OBJETIVOS	5
2.1 - OBJETIVO GERAL.....	5
2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	6
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
4.1 - O CONFORTO E O DESCONFORTO TÉRMICO.	10
4.1.1 - CONCEITOS DE CONFORTO TÉRMICO	14
4.1.2 - VARIÁVEIS DETERMINANTES DO CONFORTO TÉRMICO	16
4.1.3 - Os ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO	22
4.1.4 - ÍNDICES UTILIZADOS NESTA PESQUISA: O ÍNDICE DE TEMPERATURA EFETIVA COM VENTO – TEV E O ÍNDICE DE TEMPERATURA RESULTANTE (TR).....	39
4.2 - BIOCLIMATOLOGIA HUMANA.....	41
4.2.1 - CONCEITOS E CLASSIFICAÇÕES BIOCLIMATOLÓGICAS	46
4.2.2 - TERMORREGULAÇÃO E BALANÇO ENERGÉTICO	47
4.3 - ZONEAMENTO CLIMÁTICO: CONCEITOS E MÉTODOS.....	51
4.4 - REGIONALIZAÇÃO CLIMÁTICA.....	56
4.5 - CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DO RIO GRANDE DO SUL: DINÂMICA CLIMÁTICA E CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA REGIONAL	60
5. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS.....	72
5.1 - DA OBTENÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS METEOROLÓGICOS	72
5.2 - ZONEAMENTO DO CONFORTO TÉRMICO PARA A SÉRIE DE 30 ANOS (1981-2010)	78
5.3 - ZONEAMENTO DO CONFORTO TÉRMICO PARA OS ANOS-PADRÃO (2002, 2004 E 2007)	82
5.4 - DO ESTUDO DO CONFORTO TÉRMICO QUANTO À DINÂMICA CLIMÁTICA REGIONAL	86
5.5 - ZONEAMENTO FINAL E REGIONALIZAÇÃO CLIMÁTICA DO RIO GRANDE DO SUL	88
6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	93
6.1 - ZONEAMENTO DO CONFORTO TÉRMICO PARA A SÉRIE DE 30 ANOS	93
6.1.1 - ZONEAMENTO DO CONFORTO TÉRMICO PARA OS VERÕES DA SÉRIE DE 30 ANOS	96

6.1.2 - ZONEAMENTO DO CONFORTO TÉRMICO PARA OS OUTONOS DA SÉRIE DE 30 ANOS.....	98
6.1.3 - ZONEAMENTO DO CONFORTO TÉRMICO PARA OS INVERNOS DA SÉRIE DE 30 ANOS.....	100
6.1.4 - ZONEAMENTO DO CONFORTO TÉRMICO PARA AS PRIMAVERAS DA SÉRIE DE 30 ANOS.....	102
6.2 - ZONEAMENTO DO CONFORTO TÉRMICO PARA OS ANOS-PADRÃO	104
6.2.1 - ANO-PADRÃO MAIS CHUVOSO (2002)	104
6.2.2 - ANO-PADRÃO MENOS CHUVOSO (2004).....	112
6.2.3 - ANO-PADRÃO HABITUAL (2007).....	120
6.2.4 - ZONEAMENTO MÉDIO SAZONAL DOS ANOS-PADRÃO.....	128
6.3 - INSERÇÃO DA DINÂMICA CLIMÁTICA NO ZONEAMENTO DO CONFORTO TÉRMICO.....	131
6.3.1 - ANO-PADRÃO MAIS CHUVOSO (2002)	132
6.3.2 - ANO-PADRÃO MENOS CHUVOSO (2004).....	140
6.3.3 - ANO-PADRÃO HABITUAL (2007).....	147
6.4 - ZONEAMENTO FINAL E REGIONALIZAÇÃO CLIMÁTICA DO RIO GRANDE DO SUL.....	154
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	163
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	166
ANEXO 1	176
ANEXO 2	178
ANEXO 3	180
ANEXO 4	182

1. INTRODUÇÃO

Desde a origem da Terra, o homem desenvolve com a natureza uma relação de dependência e interatividade. Sendo assim, os fenômenos naturais são objetos de estudo e observação por parte dos seres humanos, e determinam, muitas vezes, as formas de vida na Terra, assim como os meios de sobrevivência.

O clima interfere nos processos geomorfológicos, formação dos solos, o crescimento e o desenvolvimento dos vegetais, bem como influencia de maneira direta a vida do homem, determinando boa parte de suas atividades econômicas, moradia, vestuário, comércio, indústria, e demais atividades.

Sartori (2000)¹ afirma que o clima é a mais importante influência do ambiente físico total sobre as atividades do homem. O tipo de vestuário usado, o tipo e quantidade de alimentos ingeridos, a característica das casas em que se vive, os meios de transporte e muitas outras características da vida diária são, de fato, afetados pelo tempo e clima.

A partir da Revolução Industrial ocorrida na Europa no século XVIII, evidenciou-se o processo de urbanização e crescimento das cidades com intenso adensamento urbano e populacional, onde as cidades substituíram pastagens e florestas, causando impermeabilização dos solos, modificando os padrões naturais dos ventos através da formação dos chamados *cânions urbanos*, com possíveis alterações no clima local.

Esta urbanização ocorrida nos países desenvolvidos deu-se de forma lenta, gradual e planejada, porém, as consequências causadas no clima e no ambiente antropizado das cidades não puderam ser evitadas.

Nos países em desenvolvimento esse processo deu-se de forma rápida e em geral sem planejamento, o que traduz as constantes catástrofes e infortúnios causados por tempestades, vendavais, entre outros fenômenos climáticos.

Em seu trabalho Teoria e Clima Urbano, Monteiro (1976: 124-125), chama atenção para o Sistema Clima Urbano que é caracterizado por vários graus de hierarquia funcional e diferentes níveis de resolução, estando esses últimos ligados à percepção humana. Dessa forma, o autor estabeleceu canais de percepção associados intimamente aos principais níveis de resolução dos sistemas, separando, assim, os grandes conjuntos de fenômenos dentro do universo climático.

¹ O presente relatório segue as diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: documento eletrônico e impresso (ABNT), disponível em: http://biblioteca.fflch.usp.br/sites/biblioteca.fflch.usp.br/files/caderno_sibi_abnt.pdf

Dentro dessa lógica, o referido autor define os seguintes canais de percepção: Canal conforto térmico - associado aos os componentes termodinâmicos do clima de forma integrada; canal qualidade do ar – associado aos aspectos físico-químicos; e o canal impacto meteórico – associado aos fenômenos hidrometeórico (chuvas, neve, granizo) (MONTEIRO, 1976).

A presente pesquisa, tratará do que se refere às componentes do canal do conforto térmico (termodinâmico), que segundo Monteiro (1976) não só conduzem ao referencial básico para a noção do conforto térmico como são a constituição do nível fundamental de resolução climática para onde convergem e se associam todas as outras componentes.

O conforto térmico é definido pela norma da American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) como um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Assim, conforto térmico é um conceito subjetivo, depende da pessoa (JABARDO, 1984).

Para realizar um estudo que envolva o conforto térmico deve-se, portanto, ter como objetivo a obtenção de condições ambientais que proporcionem neutralidade térmica a um maior número de pessoas possíveis. Para tanto, o sistema termorregulador do corpo humano tende a manter constante a energia interna, associada a sua temperatura interior (FUNARI, 2006). Quando, a partir de uma condição de equilíbrio, o ambiente externo apresenta uma mudança térmica, a energia interna do corpo tenderia a sofrer uma variação. No entanto, em função do sistema termorregulador, o corpo tende a estabilizar-se com o meio a fim de manter o equilíbrio térmico através de uma ação fisiológica (sudorese, por exemplo). Quando esta ação não é capaz de manter a temperatura interna, atinge-se uma situação que pode ser prejudicial à saúde (JABARDO, 1984).

Tendo em vista a capacidade dos seres humanos se adaptarem fisiologicamente a determinados ambientes é que se procura analisar os melhores meios em que estes não sofrerão desequilíbrio térmico e manterão seu corpo em neutralidade térmica, alcançando, com isso, situação de conforto.

1.1 - Justificativa

O bom funcionamento do corpo humano depende das condições dos ambientes interno e externo. Neste sentido, Oliver (1973) lembra que o ambiente externo fornece a energia e os nutrientes necessários aos órgãos, tecidos e células do corpo, enquanto seu funcionamento sadio é rigorosamente dependente das propriedades químicas e físicas do ambiente interno.

Sartori (2000) destaca que a saúde do corpo humano está ligada à precisão com que essas propriedades físicas e químicas estão ajustadas. Tal precisão do ajuste é identificada como homeostase.

Vários são os fatores que condicionam a sensação de conforto térmico humano. Neste sentido Monteiro e Alucci (2007) destacam como principais: as variáveis individuais como tipo de atividade, vestuário, aclimatação; e as variáveis ambientais: temperatura do ar, umidade relativa do ar ou pressão parcial de vapor, temperatura média radiante das superfícies vizinhas e vento.

Ainda de acordo com Monteiro e Alucci (Op. Cit) a sensação de conforto térmico está associada com o ritmo de troca de calor entre o corpo humano e o meio ambiente. Neste sentido, o desempenho durante qualquer atividade deve ser otimizado, desde que o ambiente propicie condições de conforto e que sejam evitadas sensações desagradáveis, tais como: dificuldade de eliminar o excesso de calor produzido pelo organismo, perda exagerada de calor pelo corpo, e desigualdade de temperatura entre as diversas partes do corpo. Estas sensações são funções não só das condições ambientais, mas também da capacidade de aclimatização ao meio ambiente, dos hábitos alimentares, das atividades, da altura, do peso, do tipo de roupa de cada indivíduo, e até mesmo da idade e sexo.

O corpo humano reage diferentemente às variações bruscas de temperatura e procura se autorregular a fim de manter em equilíbrio a sua temperatura interna. Os mecanismos termorreguladores existem para manter estável a temperatura interna do corpo, pois com o ganho ou perda de calor pode ocorrer um desequilíbrio térmico no organismo, ocasionando danos à saúde ou até mesmo a morte do indivíduo (Gobo, *et. al.* 2008).

Percebe-se, portanto, que o bem-estar de um indivíduo, do ponto de vista climático, está diretamente ligado às características ambientais em que este está inserido. Sendo assim, fatores geográficos como a altitude, a latitude, o tipo de solo,

uso do solo, a continentalidade e a maritimidade determinam o clima de um determinado local e conseqüentemente a existência, ou não, de conforto térmico neste ambiente.

No caso do Rio Grande do Sul, não se verificam grandes contrastes entre as suas diferentes regiões no que diz respeito às condições meteorológicas prevalentes, que têm participação de diferentes sistemas atmosféricos quanto à sua gênese e região de origem, e a sucessão do tempo é muito bem definida quando comparada ao restante do Brasil (SARTORI, 1979).

Devido às características geográficas particulares de cada região do Estado, as diferenças térmicas e higrométricas entre elas podem ser distintas, o que pressupõe que os índices de conforto térmico podem variar de acordo com a localidade e os atributos geográficos de determinada região.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar as condições de conforto térmico nas escalas regional e sub-regional no Rio Grande do Sul, segundo as médias mensais e sazonais de temperatura do ar, da umidade relativa do ar e velocidade do vento, a fim de se estabelecer uma regionalização climática para o Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o conforto térmico para o Rio Grande do Sul de acordo com Índice de Conforto Térmico TEv (Índice de Temperatura Efetiva com Vento) (SUPING et al., 1992) e o Índice de Temperatura Resultante (MISSENARD, 1948), a fim de se gerar o zoneamento do conforto para o Estado;
- Realizar o zoneamento do conforto térmico sazonal e anual para a série de 30 anos de dados climáticos;
- Zonear o conforto térmico para anos padrões representativos de mais chuvoso, menos chuvosos e habitual;
- Investigar a circulação atmosférica regional, nos três anos-padrões analisados através do método de Análise Rítmica (MONTEIRO, 1971) a fim de evidenciar os padrões de conforto térmico do Estado em função da dinâmica atmosférica regional;
- Inserir uma análise episódica diária/horária para quatro estações meteorológicas representativas das áreas mais frias e mais quentes do zoneamento do conforto térmico final.
- Espacializar os resultados do zoneamento do conforto térmico no território do Rio Grande do Sul, a fim de propor uma regionalização climática.
- Estabelecer uma macro-regionalização do conforto térmico para o Estado a partir da regionalização climática obtida por meio do zoneamento do conforto térmico.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo selecionada para esta pesquisa corresponde ao Estado do Rio Grande do Sul, localizado no extremo sul do Brasil, entre as coordenadas geográficas: 27° 04' 48" latitude sul, 53° 01' 53" longitude oeste; 33° 45' 06" latitude sul, 53° 23' 48" longitude oeste; 28° 37' 06" latitude sul, 49° 41' 28" longitude oeste; 30° 11' 18" latitude sul, 57° 38' 36" longitude oeste (Figura 1).

O Rio grande do sul caracteriza-se por um povoamento misto, formado primeiramente por índios que viviam nas regiões norte, nordeste e posteriormente pelos espanhóis e portugueses que disputaram o domínio do território gaúcho até meados do século XVIII (PESAVENTO, 2002).

O século XIX no Rio Grande do Sul foi marcado pela vinda de imigrantes europeus diversos, principalmente por alemães, a partir de 1824, e italianos, a partir de 1876. A adaptação dos tropeiros foi consideravelmente mais fácil que a dos alemães e posteriormente dos italianos (WOLLMANN, 2011).

Os imigrantes dedicados inicialmente à agricultura de subsistência, especialmente em pequenas propriedades, espalharam-se pelas regiões Nordeste, Centro-Norte e Noroeste. A partir do século XX, inicialmente praticando uma agricultura de tipo comercial e familiar, os colonos passaram a desenvolver ao lado da atividade primária, que jamais deixou de ter força no Estado, criando as Primeiras empresas manufatureiras e posteriormente a indústria, que se desenvolveu consideravelmente no Estado durante o último século, especialmente nas regiões por eles colonizadas (WOLLMANN, 2011).

O Rio Grande do Sul possui um extenso recorte municipal com 496 municípios, sendo o terceiro maior Estado em número de municípios no Brasil (Figura 2). No entanto, há uma grande disparidade entre o número dos municípios que ocupam o Norte do Estado em comparação com o Sul, fruto da concentração dos imigrantes no Norte, cujas atividades agrícolas sempre estiveram baseadas na pequena propriedade.

No que se refere às características naturais, o Rio Grande do Sul atualmente está dividido em quatro províncias/compartimentos geológicos: o escudo, o planalto, a depressão periférica e a planície costeira (Figura 3).



Figura 1: Localização do Estado do Rio Grande do Sul.
Org: GOBO, J. P. A. (2013).

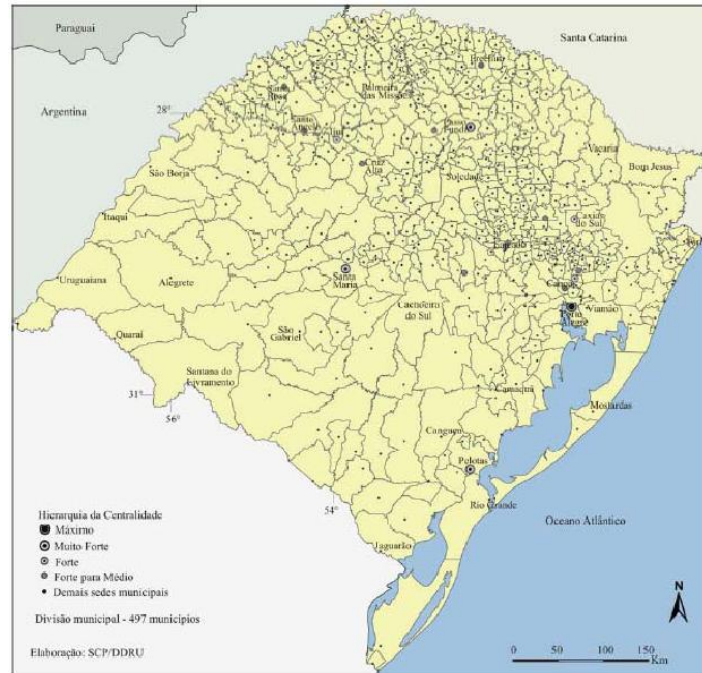


Figura 2: Divisão municipal do Rio Grande do Sul.
Fonte: SEMA/RS (Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul) (2010).



Figura 3: As províncias geológicas do Rio Grande do Sul
Fonte: SEMA/RS (Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul) (2011).

Em relação à compartimentação geomorfológica do Estado, que é fortemente condicionada pela geologia regional, o Rio Grande do Sul pode ser dividido em cinco (5) regiões: Planalto da Bacia do Paraná, Planície Litorânea, Escudo Sul-Rio-

grandense, Depressão Periférica Sul-Rio-grandense e Cuestas de Haedo. As altitudes máximas ultrapassam a cota de 1200 metros acima do nível do mar principalmente no limite com o Estado de Santa Catarina, no Planalto da Bacia do Paraná, e constitui-se num grande controle climático, principalmente na variação das precipitações e da temperatura do ar (Figura 4) (WOLLMANN, 2011).

Do ponto de vista hidrológico, Wollmann (2011) coloca que o Rio Grande do Sul possui vasta hidrografia, dividida em três grandes regiões hidrográficas, que compreendem uma totalidade de 25 grandes bacias hidrográficas: região hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Uruguai, que compreende outras 10 bacias; a região hidrográfica da Bacia do Guaíba, que compreende 9 bacias, e é a área mais povoada do Estado; e a região Hidrográfica do Litoral, que compreende outras 6 bacias.

No que tange os aspectos biogeográficos, o Rio Grande do Sul apresenta as seguintes regiões biogeográficas, segundo Quadros e Pilar (2002): Floresta Ombrófila Densa; Floresta Estacional Decidual; Floresta Ombrófila Mista e Estacional Semidecidual; Complexo das Restingas da Costa Atlântica; Savana Meridional ou Campos com Vegetação Arbustiva.

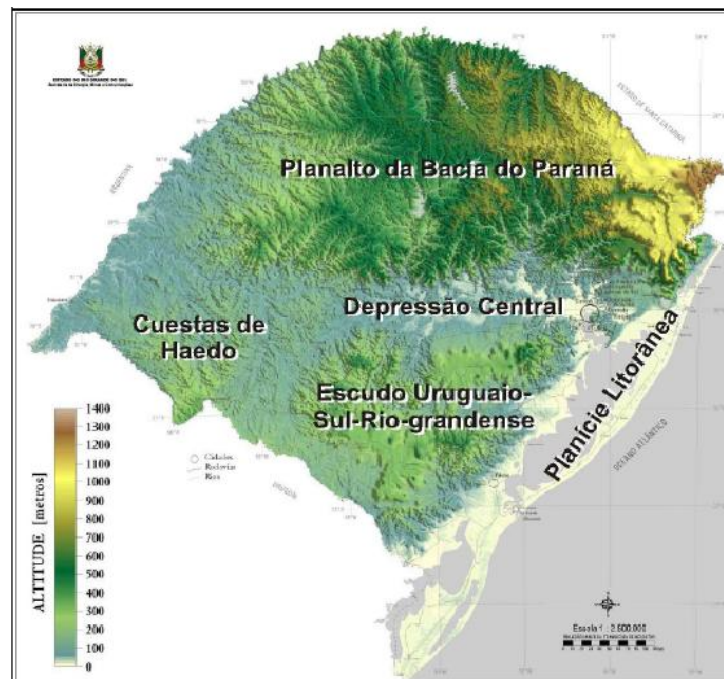


Figura 4: Hipsometria e compartimentos geomorfológicos do Rio Grande do Sul.
Fonte: Atlas Eólico do Rio Grande do Sul (SEMC, 2002).

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 - O Conforto e o Desconforto Térmico

Por volta de 400 a.C. já existia a ideia de adequação climática, sobre construir para garantir o Conforto Térmico. Vitruvius (século 1 a.C.) também escreveu acerca da necessidade de considerar o clima nos projetos de edifícios, para motivos de saúde e conforto. Porém, até a Revolução Industrial o Conforto Térmico não foi uma questão prática devido à falta de ferramentas a disposição para as medições e verificações deste (AULICIEMS; SZOKOLAY, 1997).

O Tratado *Dos Ares, das Águas e dos Lugares*, de Hipócrates (480 a.C.) muito provavelmente foi pioneiro no tratamento de temas relacionados à Geografia da Saúde (VIEITES; FREITAS, 2007, p.192). Hipócrates, no primeiro livro de higiene que se escreveu, pressentiu isso:

Há uma concordância entre o tempo e a feição da terra. Onde ele é rude, ela é selvagem e desigual; a terra é boa, quando o céu é clemente. em geral tudo o que cresce sobre a terra participa das qualidades da terra. Por isso os viventes têm estrutura física e fisiológica correlata. Também os homens, nesses meios diversos, são, por isso mesmo, diversos. Variam as plantas e os animais: por que não os homens? As raças humanas são adaptações ao ambiente. Ambiente climático, principalmente, porque tudo o mais é dependente desse fator essencial. (Peixoto, 1938, p. 118).

Haviam registros da preocupação quanto à adequação das habitações na estrutura urbana, como esclarece Goitia (1982, p. 32):

A cidade de Olinto, na Macedônia, fundada em 432 e destruída em 347 a.C., tinha sua parte mais nova construída segundo uma planta hipodâmica (traçado xadrez), com ruas principais que seguiam a direção nortesul, separadas entre si por uns 100 metros, cortadas no sentido leste-oeste por ruas um tanto mais estreitas, separadas umas das outras por uns 40 metros. Deste modo era possível obter uma exposição ao sul das casas que compunham os blocos colocados daquele modo, já que a casa grega era construída à volta de um pátio que lhe permitia se beneficiar da exposição ao sul. Em Olinto, o pátio situava-se sempre na fachada sul do bloco, mesmo que a entrada da casa fosse noutro lado. O Sol podia assim penetrar, no inverno, até ao fundo da habitação principal, que usualmente estava por trás de um pórtico, de maneira que no verão, pelo contrário, quando o Sol estava mais alto, este pórtico protegia a casa da incidência solar direta em seu interior.

Ferraz (1945), aborda o tema através da Bioclimatologia, sendo que, para ele, os fatores atmosféricos não influem separadamente sobre os processos vitais, e sim em conjunto”. À época, o referido autor salientava que “os fatores meteorológicos que concorrem para a formação do clima biológico são a radiação, as condições de calor e umidade do ambiente, o vento, a pressão atmosférica e os fenômenos aero elétricos.

A tecnologia de aquecimento passou a melhorar a partir do final do século 18 e a refrigeração mecânica tornou-se uma possibilidade no início do século 20. Embora Heberden (início do século 19) reconheceu que a temperatura do ar não fosse apenas a única variável determinante da sensação térmica, e que a umidade é um fator contribuinte, o primeiro estudo tratando de conforto (especialmente o efeito de temperaturas elevadas) foi realizada por Haldane na Inglaterra em 1905. O impulso para as pesquisas em conforto vieram por meio da engenharia (AULICIEMS; SZOKOLAY, 1997).

No início dos anos de 1920 Houghten e Yagloglou (1923) no ASHVE (American Laboratórios da Sociedade de Engenheiros de Aquecimento e Ventilação) tentaram definir a "zona de conforto".

Na Inglaterra, a motivação veio por meio da higiene industrial. As condições ambientais de trabalho eram precárias e necessitava-se de melhorias.

Vernon e Warner (1932) e, posteriormente, Bedford (1936) realizaram estudos empíricos entre trabalhadores da indústria. O trabalho analítico começou nos EUA em meados de 1930 onde Winslow, Herrington e Gagge (1937) fizeram uma significativa contribuição.

Durante e após a 2^o Guerra Mundial aumentaram as atividades de pesquisa e muitas disciplinas se envolveram no tema, além da engenharia, a fisiologia, medicina, geografia e climatologia trataram de estudar o Conforto Térmico em suas respectivas áreas. Mas foi na arquitetura que Victor Olgyay (1963) reuniu pela primeira vez os resultados de várias disciplinas e os interpretou para práticas arquitetônicas.

Segundo Schmid (2005) uma concepção notavelmente positiva de conforto foi encontrada na enfermagem, que é um campo do conhecimento bastante dedicado ao conforto pessoal, e refere-se ao conforto como sendo “mais que a ausência de dor, podendo ser aprimorado, mesmo se a dor não pode ser tratada inteiramente, através da atenção às transcendências”. O incremento do conforto envolve aumento da

esperança e confiança, além de poder diminuir as complicações relacionadas à alta ansiedade dos pacientes.

O autor chama atenção para os tipos de conforto que foram migrando ao longo do passar dos anos em: Conforto Físico, referente ao alívio da dor; Psico-Espiritual, sobre o conforto como consolo; e Sócio-Cultural, referente ao bem estar ambiental (SCHIMID, 2005).

Não se pode tratar de conforto térmico sem que a questão do desconforto seja abordada. Vários fatores podem causar desconforto localizado em indivíduos no desempenho de quaisquer atividades. Esses fatores não atingem o corpo como um todo, porém apenas uma parte, e embora a pessoa possa estar satisfeita com a temperatura corporal, não se encontrará em conforto devido a essa insatisfação localizada (TANABE, 1988). A ASHRAE (1997) aponta 4 fatores como os principais geradores de desconforto localizado, quais sejam: assimetria de radiação térmica, correntes de ar indesejáveis, diferenças na temperatura do ar no sentido vertical e contato com pisos aquecidos ou resfriados.

✓ *Assimetria de radiação térmica:*

A assimetria de radiação térmica ou radiação não uniforme pode ser causada por janelas frias, superfícies não isoladas, bocas de fornos, calor gerado por máquinas e outros. A pessoa, dessa maneira tem uma parte de seu corpo sujeita a ganho ou perda de calor por radiação diferenciada das demais, e dessa forma quanto maior for esse diferencial, mais desconfortável com a situação ficará a pessoa.

✓ *Correntes de ar indesejáveis ("draught"):*

Essa situação que acarreta um resfriamento localizado em alguma parte do corpo humano é causada pelo ar em movimento. É um problema bastante comum de ser observado não apenas em ambientes ventilados, mas também em automóveis, e outros locais. Essas correntes de ar têm sido identificadas como um dos fatores que mais causam desconforto em escritórios. Normalmente quando isso ocorre, a reação natural das pessoas é aumentar a temperatura interna, ou parar o sistema de ventilação, sendo que às vezes essas reações podem deixar o local ainda mais desconfortável.

✓ *Diferenças na temperatura do ar, no sentido vertical:*

Na maioria dos ambientes das edificações, a temperatura do ar normalmente aumenta com a altura em relação ao piso. Se o gradiente de temperatura é suficientemente grande entre a temperatura do ar ao nível da cabeça e a temperatura do tornozelo, ocorre desconforto por calor na altura da cabeça ou um desconforto por frio ao nível dos pés, estando o corpo como um todo em neutralidade térmica.

✓ *Contatos com pisos aquecidos ou resfriados:*

Devido ao contato direto dos pés com o piso, desconforto local nos pés pode ser verificado se a planície estiver aquecida ou resfriada. A temperatura do piso é muito influenciada por características construtivas dos prédios (isolamento do piso, camada de contra-piso, materiais de construção). Uma reação normal das pessoas em contato com piso muito frio, é aumentar a temperatura interna do ambiente, geralmente utilizando-se sistemas de calefação, possibilitando o aumento do desconforto térmico e contribuindo para o aumento do consumo de energia.

De acordo com Fanger (1970), a razão de criarem-se condições de conforto térmico, reside no "desejo do homem de sentir-se termicamente confortável". Além disso, continua o autor, o conforto térmico pode ser justificado do ponto de vista da "performance humana". Embora a redução da performance humana com o calor ou o frio seja ainda uma questão pouco clara ou conclusiva, conforme pode-se notar no estudo realizado por Woods e Winakor (1981), em uma lavanderia de um hospital nos Estados Unidos, suspeita-se que a performance perceptiva, manual e intelectual é geralmente maior na presença de conforto térmico.

Estudos de laboratório, relativos à performance, também foram realizados por Nelson *et al* (1987), que verificou a produtividade, fadiga e estado psicológico (vigor, concentração, ativação e bom humor), de 144 pessoas, 71 homens e 73 mulheres, em uma câmara de testes controlada em 13°C, 23°C e 30°C de temperatura e a umidade relativa constante de 40%. As pessoas escreviam histórias relacionadas a figuras, e a produtividade era medida em termos de número de palavras e número de temas desenvolvidos. Os resultados mostraram que a produtividade é maior em ar frio e que a fadiga desenvolveu-se mais vagorosamente em ambiente frio do que em ambiente confortável ou quente. O estudo indicou que o trabalho em condições frias aumentou o vigor, a concentração e ativação e o bom humor. O autor sugere que temperaturas

consideravelmente mais baixas do que aquelas recomendadas para conforto, podem trazer benefícios à produtividade.

Segundo Nicol (1993), a importância do conforto térmico pode ser expressa sobre três pontos fundamentais, a satisfação, a economia de energia, e o estabelecimento de padrões.

4.1.1 - Conceitos de Conforto Térmico

Na explicação de conforto térmico, normalmente um ponto de partida é o equilíbrio térmico do corpo. Uma pessoa se encontra confortada termicamente, quando todo o calor produzido, ou ganho pelo corpo humano, for igual à quantidade de calor perdido ao meio exterior, pelo mesmo corpo e na mesma proporção, afim de o corpo manter um balanço de energia. As sensações de conforto, portanto, variam de pessoa para pessoa, pois cada pessoa reage de maneira diferente em relação ao estado do tempo e do clima (NEDEL, 2009).

O conforto térmico num determinado ambiente pode ser definido como a sensação de bem-estar experimentada por uma pessoa, como resultado da combinação satisfatória, nesse ambiente, da temperatura radiante média (trm), umidade relativa (UR), temperatura do ambiente (ta) e velocidade relativa do ar (vr) com a atividade lá desenvolvida e com a vestimenta usada pelas pessoas.

As sensações são subjetivas, isto é, dependem das pessoas, portanto certo ambiente confortável termicamente para uma pessoa pode ser frio ou quente para outra. Assim, entende-se como condições ambientais de conforto aquelas que propiciam bem-estar ao maior número possível de pessoas.

O conforto térmico pode ser visto e analisado, sob dois aspectos: do ponto de vista pessoal e do ponto de vista ambiental. Do ponto de vista pessoal, isto é, aquele onde alguém que se encontre em um determinado ambiente esteja em estado confortável com relação à sua sensação térmica. Em seus estudos realizados em câmaras climatizadas na Dinamarca, Fanger, (1970), define conforto térmico como sendo, uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico.

Critchfield (1960) afirma que “a saúde humana, a energia e o conforto são mais afetados pelo clima do que por qualquer outro elemento do meio ambiente”. As

condições de temperatura, de dispersão (ventos e poluição) e de umidade do ar exercem destacada influência sobre a manifestação de muitas doenças, epidemias e endemias humanas.

Com uma visão crítica com relação ao caráter psicológico dessa definição, "...condição da mente...", Rohles (1980), adverte que na maioria dos estudos de conforto térmico analisaram-se conjuntamente a temperatura do corpo, "condição do corpo", e as sensações relatadas pelas pessoas, "condição da mente". Com essa advertência, o autor argumenta que os estudos convencionais não levam em conta apenas a condição da mente, mas também a condição do corpo de uma maneira bem mais acentuada.

Do ponto de vista ambiental, os estudos de conforto propõem o estabelecimento de um estado térmico para um específico ambiente, com relação às suas variáveis físicas, a fim de que um menor número de pessoas esteja insatisfeita com o mesmo.

A ASHRAE (1992) define o Conforto Térmico como "um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente que envolve a pessoa". Assim, considerações fisiológicas e psicológicas estão envolvidas neste contexto, que depende individualmente de cada pessoa.

Desta forma, o ponto de partida para o conhecimento do conforto térmico é a caracterização de modelos de conforto térmico que procuram montar um arcabouço teórico a cerca das variáveis envolvidas no estudo. Com a finalidade de quantificar o comportamento humano ante o ambiente térmico, de acordo com o modelo teórico em estudo, são definidos os índices que expressam esta relação de causa e efeito, com a utilização de valores numéricos representativos do fenômeno.

Devido às próprias ambiguidades inseridas na definição clássica de conforto térmico, utiliza-se, com frequência o aspecto mais físico (relacionado à temperatura do corpo) nos estudos de conforto, onde surge a noção de neutralidade térmica, a qual é definida pelo próprio Fanger (1969) no trabalho citado, como sendo, a situação onde uma pessoa não sinta nem frio, nem calor em seu ambiente.

A análise dessas duas definições, de neutralidade térmica e a definição clássica de conforto, confere certa diferenciação, ficando um pouco mais clara a distinção entre os aspectos físicos e psicológicos da conceituação. Isso significa dizer que uma pessoa pode não estar sentindo nem frio nem calor em seu ambiente, porém não se

encontrar em conforto térmico, de acordo com sua condição mental. A neutralidade térmica representa um balanço térmico entre o homem e o ambiente, e segundo o próprio autor, embora ela seja necessária, não é suficiente para se verificar o conforto térmico. Segundo Tanabe, (1988), o conceito de neutralidade térmica poderia ser ampliado para "o estado da mente que expressa satisfação com o nível de temperatura do corpo como um todo".

O conforto térmico é, em linhas gerais, obtido por trocas térmicas que dependem de vários fatores, ambientais e pessoais, governados por processos físicos, como convecção, radiação, evaporação e eventualmente condução, além do balanço de calor entre o corpo e o ambiente.

4.1.2 - Variáveis determinantes do conforto térmico

Ao avaliar a sensibilidade dos seres humanos às mudanças que ocorrem nos tipos de tempo em Santa Maria-RS, Sartori (2000) estima que 70% da população é tempo-sensitiva em algum grau. Fisiologicamente, os seres humanos funcionam otimamente sob certas condições de temperatura, umidade, vento, pressão etc. O corpo humano, acima ou abaixo de certos valores dos parâmetros climáticos ideais, começa a ter reações metabólicas, químicas, cardiovasculares e psicológicas, as quais têm efeito na disposição e comportamento humano. Sendo que os indivíduos reagem às diferentes condições de tempo é muito difícil prever. Como as pessoas respondem aos elementos climáticos varia de acordo com a constituição física e fisiológica individuais (SARTORI, 2000).

Segundo Fanger (1970), como o conforto térmico envolve variáveis físicas ou ambientais além das variáveis subjetivas ou pessoais, não é possível que um grupo de pessoas sujeitas ao mesmo ambiente, ao mesmo tempo, esteja todo ele satisfeito com as condições térmicas do mesmo, devido às características individuais das pessoas. As variáveis físicas de influência para a obtenção do conforto térmico são: temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade relativa do ar e velocidade do vento. As variáveis pessoais envolvidas nas análises são: atividade desempenhada pela pessoa (indicativa da quantidade de calor produzida pelo organismo, e apresentada sob a forma de taxa metabólica) e vestimenta (indicativa da resistência térmica oferecida às

trocas de calor entre o corpo e o ambiente, e apresentada sob a forma de isolamento térmico das roupas).

Howell e Stramler (1981) afirmam que além das variáveis acima, normalizadas, existem variáveis psicológicas a serem levadas em consideração nos estudos de conforto térmico, tão ou mais significativas do que as padronizadas, que são: temperatura percebida pela pessoa, sentimento próprio de se sentirem mais aquecidas ou mais refrescadas do que outras pessoas, tolerância percebida ou tolerabilidade, ajustamento ou adaptação. Além dessas quatro, apontam os autores outras quatro variáveis psicológicas consequentes, as quais são indícios da tolerância percebida, quais sejam: Decréscimo de performance, decréscimo de conforto, decréscimo de energia física e decréscimo de afeto.

Quatro variáveis ambientais resumem a influência do clima no conforto térmico, a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento e as fontes de calor radiante direto ou refletido (temperatura radiante média). No entanto esta pesquisa utilizou-se somente de três destas variáveis as quais estão descritas a seguir:

✓ *Temperatura do ar*

Da radiação líquida disponível na superfície do solo, uma parcela sofre o processo de transferência de energia em direção à atmosfera, utilizando-se das moléculas que constituem o ar atmosférico, aquecendo-o de baixo para cima, isto é, da superfície do solo para as grandes altitudes (OMETTO, 1981).

Assim, desde o nascer do sol a superfície do solo recebe continuamente energia. Essa quantidade de energia aumenta à medida que o sol aproxima-se da perpendicular do lugar, sendo que ao meio dia observa-se a maior intensidade de energia incidente.

A temperatura do ar é a variável mais comumente relacionada ao conforto térmico. Ao tratar da influência da temperatura do ar no corpo humano e a determinação do conforto térmico, Sorre (1984) afirma que as escalas de temperatura deveriam ordenar-se em relação a um valor tal que, em condições normais de atividade e vestuário, o organismo humano se encontrasse em equilíbrio térmico com o meio externo.

A perda ou o ganho de calor do corpo, decorrente do diferencial de temperatura entre a pele e o ar, complementada pelos efeitos dos demais mecanismos reguladores, é que determina a situação de conforto térmico em função da temperatura do ar. Este conforto em função da temperatura é determinado por um balanço energético onde atuam a radiação solar incidente e o coeficiente de absorção da superfície receptora, a condutividade e a capacidade térmica do solo (que define a transmissão de calor por condução) e as perdas por evaporação convecção e radiação (ARAÚJO, 1996).

Existem limites dentro dos quais o sistema termorregulador opera facilmente, acima ou abaixo desses limites o ocupante encontra-se em uma região de desconforto térmico (FROTA; SCHIFFER, 2001). A fadiga é um dos resultados de um trabalho excessivo do aparelho termorregulador, pela existência de condições ambientais desfavoráveis, no tocante à temperatura do ar, tanto com relação ao frio quanto ao calor, e à umidade do ar (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Sorre (1984) mostra que, em pesquisa na Dinamarca, a atividade mental das crianças nas escolas varia da mesma maneira que a atividade física, mas que atinge o seu grau mais elevado a uma temperatura mais baixa.

✓ *Umidade Relativa do ar*

A umidade relativa é definida como a relação entre o teor em vapor d'água que o ar contém e o teor máximo que poderia conter, a temperatura ambiente. É a porcentagem de vapor d'água existente no ar em relação ao máximo que poderia existir aquela temperatura (OMETTO, 1981).

Os dados de umidade relativa do ar devem ser observados paralelamente aos de temperatura do ar, pois cada relação particular entre estas duas variáveis repercute de maneira distinta no conforto humano (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Quando o ar, contendo certa quantidade de água, é esfriado, sua capacidade de reter água é reduzida, aumentando a umidade relativa até tornar-se saturado, ou com umidade 100%. A temperatura na qual esse ar satura-se é denominada temperatura do ponto de orvalho, qualquer esfriamento abaixo dessa temperatura causa condensação de vapor (FROTA; SCHIFFER, 2001).

A grande diferenciação que o grau de umidade relativa do ar acarreta nas condições climáticas de um local é quanto à amplitude da temperatura diária. Isto

equivale a dizer que quanto mais seco for o clima, mais acentuadas serão suas temperaturas extremas (mínimas e máximas) (FROTA; SCHIFFER, 2001). Este fenômeno dá-se em função de as partículas de água em suspensão no ar, possuírem uma estrutura capaz de interagir fortemente com as radiações eletromagnéticas emitidas pelo sol ou ainda pelos corpos que encontram-se a temperatura do meio ambiente (OMETTO, 1981).

A influência da umidade do ar no conforto térmico está fortemente relacionada às condições da temperatura do ar, já que a umidade relativa do ar é função da temperatura. A mudança de um ar completamente seco (umidade relativa igual 0%) para um saturado (umidade relativa igual 100%) pode ser compensada, por exemplo, por um decréscimo de 1,5°C a 3°C. No entanto, quando as temperaturas são muito elevadas, o grau de desconforto pode ser altamente determinado pela umidade, pois o efeito da absorção e evaporação do suor pela vestimenta e pela pele é dificultada (ARAÚJO, 1996).

As perdas de energia térmica do organismo humano, representadas pelo calor latente, correspondem à dissipação através das perdas de vapor d'água pela respiração, ou através da transpiração e eventual evaporação do suor, e equivalem ao calor que libertar-se-ia proporcionando a condensação dessa quantidade de vapor d'água que mantém-se no ar. Desta forma, a umidade relativa é um fator determinante da quantidade de suor que a pele pode evaporar na unidade de tempo. Quanto mais próximo o ar encontrar-se da sua quantidade máxima de vapor d'água, representando uma alta umidade relativa do ar, menor a sua capacidade de reter a água presente na superfície da pele, dificultando a eliminação da energia térmica pelo organismo, causando desconforto (FROTA; SCHIFFER, 2001).

✓ *Velocidade do ar*

Os ventos são gerados a partir da variação de pressão, ocorrendo o seu deslocamento a partir das áreas de alta pressão em direção às de baixa, estabelecendo-se assim um equilíbrio barométrico entre elas. A velocidade do vento é controlada pelo gradiente de pressão entre estas áreas, ou seja, quanto maior o gradiente de pressão, maior velocidade terá o vento (ALVES, 2012).

Para a bioclimatologia não dá-se tanta ênfase aos efeitos de movimento do ar causados pelo gradiente de pressão e pela rotação da terra, basicamente consideram-se os efeitos de fricção e a diferença de densidade, esta última provocada pelo gradiente de temperatura.

Como a bioclimatologia trata da camada de ar mais próxima do homem, considera-se para seus estudos somente a camada superficial, que estende-se até aproximadamente 100 metros acima da superfície do solo, os mais difíceis problemas relacionados a influência do vento são encontrados junto à camada superficial.

Primeiramente os efeitos provocados pela fricção com a superfície caracterizam um comportamento turbulento do ar. Além disso, a grande variedade da natureza das superfícies provoca grandes variações no gradiente de densidade, caracterizando uma maior complexidade do fluxo (OMETTO, 1981).

As trocas de calor por convecção são ativadas pela velocidade do ar, quando trata-se de superfícies verticais. Nesse caso, mesmo que o movimento do ar advinha de causas naturais, como o vento, o mecanismo de troca entre a superfície e o ar passa a ser considerado de convecção forçada (FROTA; SCHIFFER, 2001).

O vento exerce ação dinâmica e refrescante no corpo humano, às vezes negativa, e o aspecto mais importante a esse respeito refere-se a sua velocidade. De forma geral, os ventos continentais frios ou quentes, violentos e secos, são nocivos ao corpo humano, pois ressecam e racham a pele, irritam os brônquios, provocam tosse e tornam difícil a expectoração. Por outro lado, os ventos marinhos, úmidos e regulares, em geral, são mais favoráveis à saúde (SARTORI, 2000).

Sorre (1984) dizia em seus primeiros estudos que as disposições nervosas e os estados mentais são influenciados pelos movimentos da atmosfera, o tegumento e as terminações nervosas sentem estas variações. O autor chama atenção ao fato de exploradores de regiões polares suportarem temperaturas inferiores a -40°C sem vento, no entanto padecerem sob temperaturas de -10°C , mas com ventos fortes.

Sob vento forte, a pele humana transmite avisos de sofrimento ao cérebro; quando o vento domina as condições de tempo, as pessoas tempo-sensitivas parecem se tornar emocionalmente desorientadas. Mesmo brisas moderadas podem ser problemáticas para aqueles com enfermidades respiratórias, pois transportam poeira, poluentes, polens e outros alérgicos. A maioria das pessoas também não gosta de ar

calmo, pois pode preceder tempestades, afetando-as psicológica e/ou fisicamente (BEDFORD; WARNER, 1934). O Quadro 1 apresenta os principais ventos do mundo e relação com a temperatura e umidade do ar.

Quadro 1: Relação dos principais ventos mundiais e relação com a temperatura e umidade

		Nome	País/região	Nome	País/região	Nome	País/região
		↑ ↑ T E M P E R A T U R A	Quente	Chinook	Dakotas, Leste das Rochosas, Montana	Sharav	Israel
Santa Ana	Califórnia			Brickfielder	Austrália	Sirocco	França (sul)
Foehn	Bavária, Suíça			Zonda	Argentina	Ocean trade winds	Itália/Algéria
Simoom	África, desertos da Ásia			Sky sweeper	Majorca		
Chamsin	África (norte)			Aspre	France		
Ghilbi	África (norte)			Puelche	Andes	Monsoon	Índia/Ásia
Dzhani	África (norte)			Austru	România	Lips	Grécia
Bhoot	Índia			Kona	Havai	Etesians	Grécia
				Desert trade winds			
Karaburan	Ásia						
Halny wiatr	Polónia						
Ijuka	Iugoslávia						
Haboob	Egito						
Noroeste de Canterbury	Nova Zelândia						
Frio	Bora	Costa dálmata, Mar Adriático, Cáucaso			Pruga	Alasca	
					Buran	Sibéria	
	Mistral	Vale do Reno					
	Tramontana	Itália					
	Bise	Sul da Europa					
	Harmattan	África, Saara					
	Drinet	România					
	Cierzo	Espanha					
Tehuantepecer	México						
Seco				Úmido			
UMIDADE →→							

Fonte: Rosen (1979:146) *apud* Sartori(2000).
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

A ação biológica direta do ar influencia o sistema termo-regulador, pois os ventos completam e auxiliam na perda normal de calor do corpo através da condução, convecção e evaporação. Por outro lado, os ventos quentes e úmidos provocam desconforto opressivo, irritabilidade, dor de cabeça, ansiedade, insônia, inquietação e outras alterações fisiológicas e psicológicas que são, no final, atribuídas às mudanças

químicas do corpo. São os típicos sintomas do *estresse climático*, que têm consequências na saúde, e a tempo-sensitividade pode variar de intensidade de pessoa para pessoa (WHYTE, 1977).

O vento pode afetar a saúde das pessoas, que têm pouca tolerância a ele; velocidades acima de 32km/h geram grande desconforto, inibem o trabalho e a recreação, turbilhona a poeira que irrita as membranas do nariz e garganta e causa desconforto aos olhos. É percebido como massagem na pele, uma forma de ginástica vasomotora dos vasos sanguíneos superficiais (BEDFORD; WARNER, 1934).

4.1.3 - Os Índices de Conforto Térmico

O processo de avaliação do ambiente térmico requer a existência de critérios e valores limites de referência baseados nos índices e escalas de conforto térmico. No intuito de quantificar o comportamento humano ante as variações térmicas do ambiente, são definidos índices que expressam a relação entre causa e efeito, com a utilização de valores numéricos representativos do fenômeno.

Com base nos índices, estabelecem-se as zonas de conforto térmico delimitadas graficamente sobre diversos tipos de nomogramas ou através de cartas e diagramas que limitam os parâmetros físicos e definem o domínio no qual se estabelecem as zonas de conforto térmico.

As escalas de conforto térmico podem ser semânticas ou numéricas, sendo montadas em termos de sensações subjetivas graduadas por conforto e desconforto térmico, relacionando-se tais graduações com os parâmetros físicos de estímulo. Atualmente, os índices evoluíram e os modelos de conforto estão sendo desenvolvidos com o apoio da informática.

Conforme Lim (1983), em anos mais recentes o aperfeiçoamento nessa área de conhecimento ocorreu da seguinte forma: Fanger em 1967 formulou uma equação geral de conforto para calcular a combinação das variáveis ambientais incluindo a temperatura radiante média, velocidade do ar, umidade relativa, temperatura do ar, nível de atividade e vestimenta. Essa equação foi correlacionada com o Voto Médio Estimado (PMV) que representa a sensação térmica subjetiva resultante de pesquisa, onde obteve-se resposta de 1296 usuários dinamarqueses e norte americanos,

submetidos a condições controladas de ambiente interno. Fanger e Rohles, em 1970, usaram o conceito da Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas (PPD) para suplementar o Voto Médio Estimado de indivíduos na avaliação de um ambiente térmico.

Gagge *et. al.* (1972), definiu a temperatura efetiva padrão (SET) como a temperatura de um ambiente fechado isotérmico, com velocidade do ar abaixo de 0,15 m/s, umidade relativa de 50%, onde pessoas em atividade sedentária, vestidas com roupas de 0,6 clo teriam os mesmos valores de suor e temperatura média da pele que os ocupantes de um ambiente real não uniforme.

Humphreys (1975) após examinar cerca de trinta estudos de campo, propôs um novo método de estimar a resposta média ao calor em uma escala de sete categorias, usando apenas a temperatura do ar do ambiente e a temperatura média mensal do local no início da manhã.

Lim e Rao (1977) após observar escolas e centros comerciais em Singapura, confirmaram o índice de conforto equatorial (ECI) de Webb (1960) e concluíram que o ECI neutro poderia ser rebaixado de 26°C para 25°C. Complementando a sequência de evolução, Fanger, em 1981, teve o seu trabalho incorporado à carta de conforto da ASHRAE.

As norma da ISO através da ISO-7730 em 1984 adotaram as pesquisas de Fanger e recomendam que para conforto nos espaços de ocupação humana, o PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas) deve ser menor que 10%, o que corresponde a uma faixa de variação do PMV (Voto Médio Predito) de -0,5 a +0,5. A ISO-7726, em 1985, especifica as características mínimas de equipamentos para medição das quantidades físicas que caracterizam um ambiente e os métodos para medir essas quantidades, não definindo um índice global de conforto ou stress térmico, mas simplesmente padroniza o processo de registros de informações, orientadas para determinação destes índices e sendo aplicada ao estudo de conforto de ambientes quentes ou frios para ocupação humana.

Em 1992, a ANSI ASHRAE 55 - 92 define o novo índice de temperatura efetiva (ET) como sendo a temperatura operativa (t_o) de um ambiente a 50% de umidade relativa, que causaria a mesma troca de calor sensível e latente de uma pessoa como se ela estivesse em um ambiente real. Com base nas zonas de conforto térmico e

elementos de previsão de comportamento térmico das edificações, são definidas as cartas bioclimáticas, onde associam-se três informações:

- ✓ O comportamento climático do entorno;
- ✓ A previsão de estratégias indicadas para a correção desse comportamento climático por meio do desempenho esperado na edificação;
- ✓ A zona de conforto térmico. As zonas de conforto desenvolvidas por Olgay (1963), Givoni (1969), Houghten e Yaglou (1923), e Szokolay (1995) são descritas nessa revisão bibliográfica.

Os primeiros esforços organizados para o estabelecimento de índices de conforto térmico foram realizados nos Estados Unidos no período de 1913 a 1923. Desde então, e até hoje, esse assunto vem sendo estudado em diferentes partes do mundo. Para tanto, vários métodos para avaliação de conforto térmico têm sido propostos.

Houghten e Yaglou (1923) estabeleceram um índice genérico para predição de conforto, por meio de uma escala de sensação térmica. Esse índice foi o trabalho de Temperatura Efetiva (ET) elaborado de maneira empírica (Figura 5).

A partir do trabalho de Vernon e Warner (1932), Missenard (1948) e Williamson (2003) elaboraram trabalhos referentes a Nova Temperatura Específica e Temperatura Resultante (RT) respectivamente. Porém, a primeira tentativa de prever o estresse térmico em situações de trabalho mais extremas foi por meio do Índice de Taxa de Suor prevista para quatro horas, de McAriel *et al. apud* Williamson (2003).

Outras pesquisas consideram de maneira simplificada algumas variáveis apenas, visando responder determinadas situações específicas. É o caso do Índice de Temperatura Resfriada pelo Vento (WCI) de Siple e Passel (1945), o Índice Equatorial de Conforto (EC) de Webb (1960) e o Humidex de Masterton e Richardson (1979). Já o Índice de Estresse Térmico (ITS) de Givoni (1969) foi possivelmente o primeiro embasado em modelos analíticos, que consideram separadamente os diversos processos de trocas térmicas.

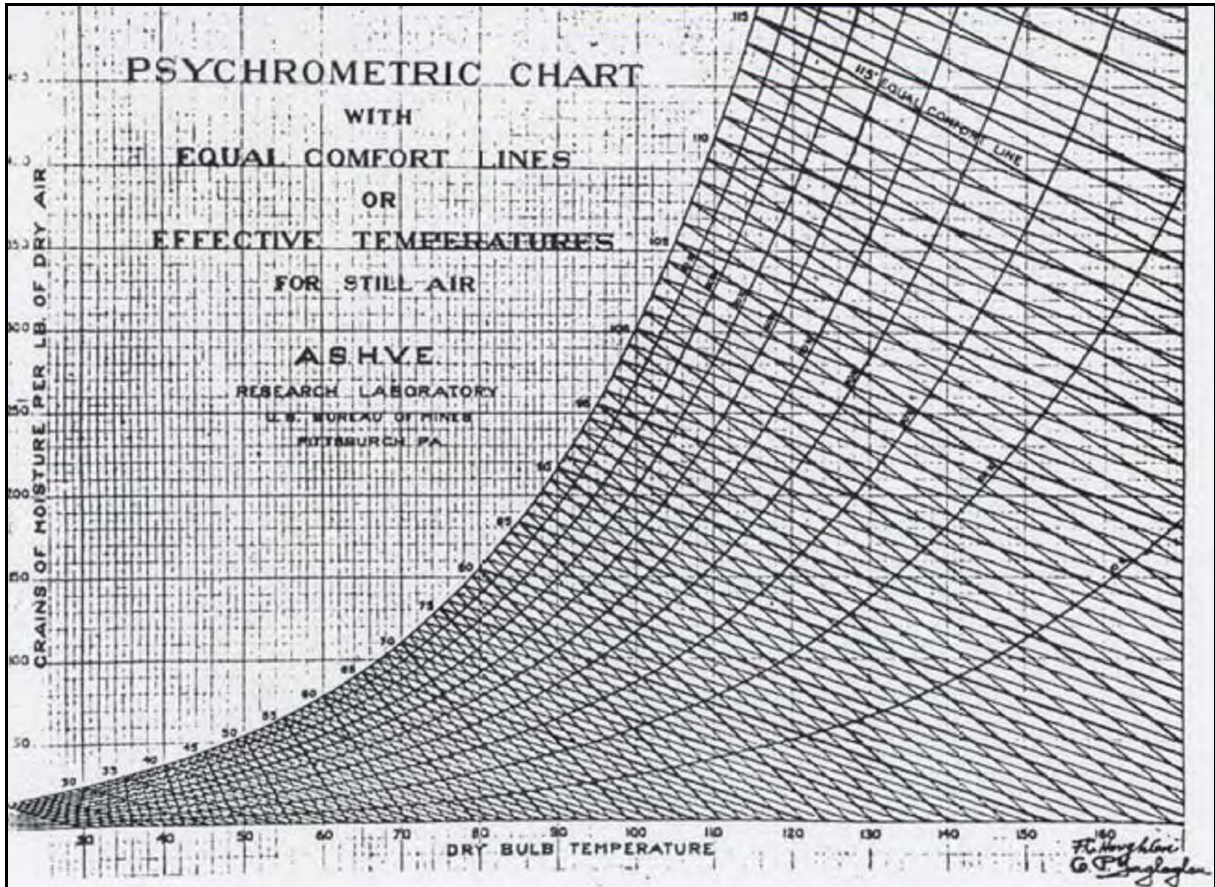


Figura 5: Representação original da Temperatura Efetiva
Fonte: Houghten e Yaglou, 1923

A partir do trabalho de Givoni (1969) surgiram outros, também baseados em modelos analíticos como o de Nova Temperatura Efetiva Padrão (SET) de Gagge (1967) que é obtida através de modelo analítico de balanço térmico, porém, neste caso, o cálculo das trocas é feito principalmente a partir de modelo teórico considerando as trocas entre o *core* central e a região periférica do corpo e desta com o ambiente externo. Os valores deste índice são dados em temperatura equivalente de sensação térmica.

Apesar de também baseado no balanço térmico, o Modelo Climático de Michel (KMM) de Jendritzky *et al.* 1991 é mais simples, considerando apenas as trocas entre o corpo como um todo e o ambiente externo.

No que se refere ao conforto térmico em espaços abertos, Katzschner *et al.* (2007), por exemplo, utilizam a ferramenta ENVI-met para a análise e simulação do espaço urbano. O ENVI-met é um *freeware* desenvolvido por Michael Bruse na

Alemanha e configura-se como um modelo tridimensional de clima urbano, que simula as relações entre a estrutura urbana e o ambiente.

Bruce (2007) aponta que associado à análise do ambiente térmico urbano, a técnica das simulações *Multi-Agent System* pode colaborar na investigação do impacto das condições do microclima no conforto térmico do ser humano no nível do pedestre. Esta ferramenta é capaz de simular as sensações e comportamentos que pedestres teriam diante de uma área definida. Para calcular o conforto térmico deste determinado indivíduo, o método utiliza vários fatores de entrada, incluindo dentre eles parâmetros meteorológicos, tais como: temperatura do ar, velocidade e sentido do vento, temperatura radiante média e a umidade do ar.

Givoni e Noguchi (2000) propõem, mais recentemente, o Índice de Sensação Térmica (TS), desenvolvido a partir de experimentos da Fujita Corporation em um parque da cidade de Yokohama, no Japão. O índice proposto, por ser gerado a partir da correlação direta dos valores encontrados na pesquisa em específico, apresenta respostas significativas apenas para a situação em análise ou bastantes similares. As pesquisas experimentais de Bluestein e Osczevski (2002), que levaram à determinação da Nova Temperatura Resfriada pelo vento (NWCT), também correlacionam variáveis visando atender a necessidades específicas. No entanto o índice considera duas variáveis, sendo válido unicamente para temperaturas do ar inferiores a 10°C e velocidades do ar superiores a 4,8 km/h, e inadequada sua aplicação para zonas tropicais.

Buscando fornecer uma resposta de fácil compreensão na questão do conforto térmico Höpfe (1999) com o Modelo de Munique (MEMI), busca uma descrição mais apurada das trocas termofisiológicas. O referido autor propõe um índice de temperatura equivalente a sensação térmica do indivíduo através da Temperatura Equivalente Fisiológica (PET).

- ✓ O método PMV(Predicted Mean Vote) PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied)

O método desenvolvido por Fanger (1972) e adaptado na Norma ISO 7730 tem por base a determinação do índice PMV (Predicted Mean Vote) calculado a partir de

uma equação de balanço térmico para o corpo humano, em que intervêm os termos de geração interna e de troca de calor com o ambiente circundante (SILVA, 2009).

O valor do índice de conforto térmico PMV, que é uma estimativa da votação média previsível de um painel de avaliadores relativamente a um dado ambiente térmico, é calculado pelo método desenvolvido por Fanger (1972). Este autor estabeleceu um modelo de correlação entre a percepção subjetiva humana, expressa através da votação numa escala de conforto que vai de -3 (muito frio) a +3 (muito quente), e a diferença entre o calor gerado e o calor libertado pelo corpo humano, ao qual corresponde a seguinte equação:

$$PMV = (0,303e^{-2,100 \cdot M} + 0,028) \cdot [(M-W) - H - E_c - C_{res} - E_{res}]$$

Onde:

M é o nível de atividade metabólica;

W é o trabalho mecânico exterior;

H é a perda de calor sensível;

E_c são as trocas de calor por evaporação na pele;

C_{res} são as trocas de calor por convecção na respiração;

E_{res} são as trocas de calor evaporativas na respiração.

O outro índice proposto na norma ISO 7730 é o PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) que quantifica a percentagem prevista de pessoas insatisfeitas com um dado ambiente térmico (SILVA, 2008).

Fanger (1970) concluiu nos seus estudos que a variação deste índice com PMV pode ser aproximada por uma expressão analítica que corresponde a uma curva cujo aspecto é semelhante a uma curva de Gauss invertida.

A zona de conforto térmico é definida, pelo intervalo de valores de PMV entre - 0,5 e 0,5, o que significa que a percentagem previsível de pessoas insatisfeitas (PPD) deve ser inferior a 10%. Devido às diferenças individuais entre as pessoas, mesmo para a situação que é em média considerada pela população como de neutralidade térmica (PMV=0), a percentagem de insatisfeitos é da ordem de 5% (SILVA, 2008).

Carfan (2011) trabalhou com os índices PMV e PPD para o município de Ourinhos, São Paulo, onde analisou o clima urbano e o conforto térmico a partir de um modelo tridimensional ENVI-met como ferramenta principal de simulação das variáveis

meteorológicas, efetuando simulações para três áreas no município sendo duas no interior da área urbana e uma em área suburbana em situações de inverno e verão. O estudo de Carfan (2011) mostrou que existe uma forte correlação entre a parte física da cidade (ruas, edificações e vegetação) e o conforto térmico humano. A situação de conforto para o verão e o inverno foi bastante diferenciada. Na análise dos índices de conforto PMV e PPD no inverno, somente a área urbana permeável não apresentou nenhuma área dentro dos limites de conforto estipulado pela norma ISSO 7730. A mesma análise feita no verão, apresentou que na área urbana densa, para a situação real e com aumento das edificações, e na área expansão urbana o conforto térmico foi quase inexistente. As demais áreas, tanto no inverno quanto no verão apresentaram-se desconfortáveis e as propostas de modificação no aspecto urbano sugeridas pela autora não foram suficientes para mitigar o desconforto térmico das áreas urbanas abertas.

✓ *Carta bioclimática de Olgyay e carta bioclimática de Givoni*

Para corrigir as limitações do diagrama bioclimático idealizado por Olgyay (1963) (Figura 6), uma carta bioclimática para edifícios foi desenvolvida por Givoni (1969) (Figura 7). A principal diferença entre esses dois sistemas deve-se ao fato de que o diagrama de Olgyay é desenhado entre dois eixos: sendo o eixo vertical referente às temperaturas (secas) e o eixo horizontal, as umidades relativas. Enquanto que a carta de Givoni (1969) é traçada sobre uma carta psicrométrica convencional conforme Givoni (1992).

Outra divergência nos sistemas desenvolvidos por Olgyay (1963) e Givoni (1969), é que Givoni baseia-se em temperaturas internas ao edifício, obtidas através de cálculos e estimam as temperaturas esperadas para o interior. Os limites foram baseados em pesquisas realizadas nos Estados Unidos, na Europa e em Israel, considerando a temperatura interna esperada para um edifício sem climatização artificial, e projetado adequadamente para o local onde está construído, ou seja, considerando-se que o edifício é inerte termicamente, protegido eficientemente contra a radiação solar e com ventilação adequada.

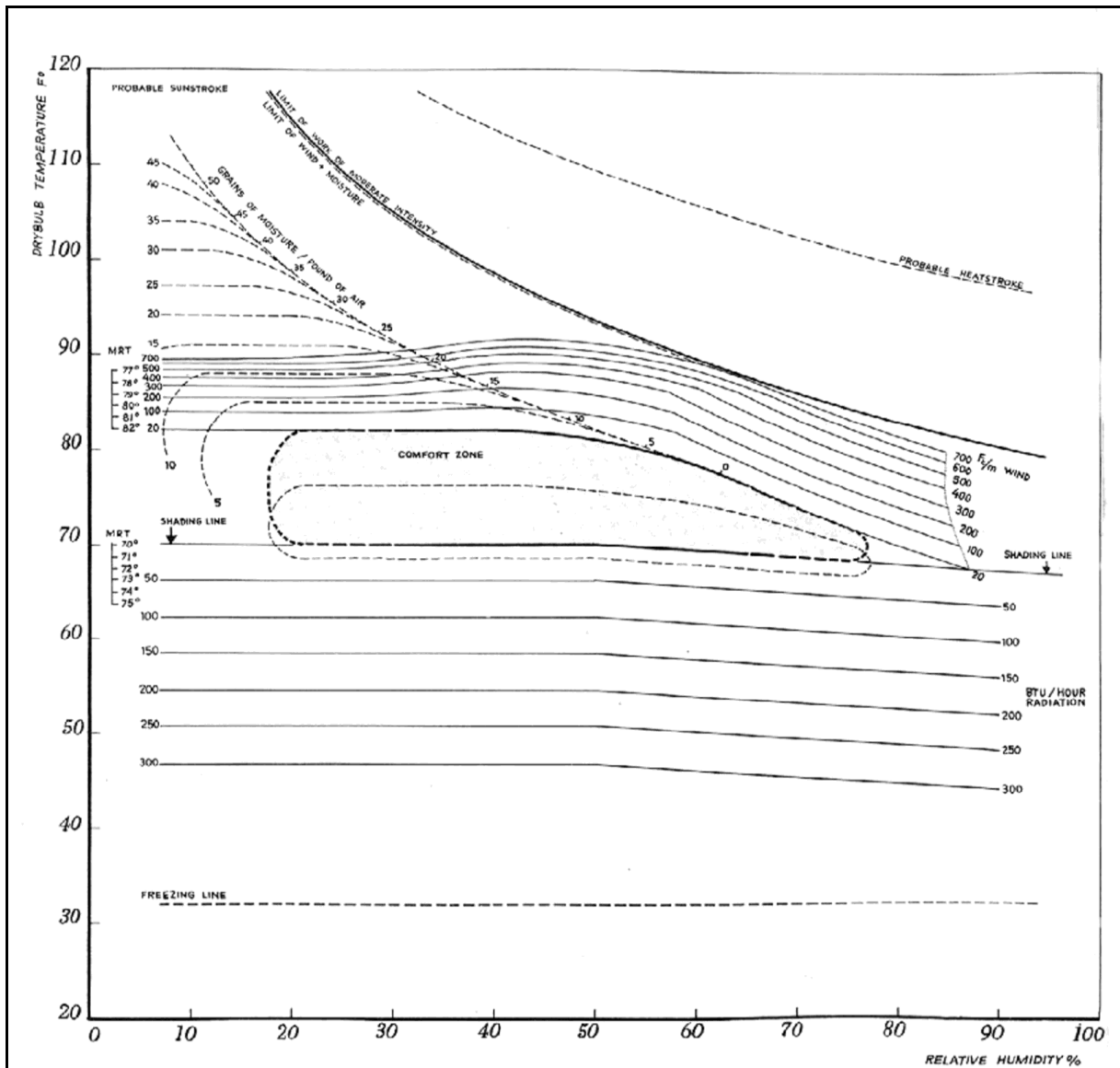


Figura 6: Índice esquemático bioclimático.

Fonte: Olgay (1963).
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

O diagrama de Olgay (1963), entretanto, aplica-se estritamente para as condições externas. Olgay justifica que em suas experiências as temperaturas internas foram muito próximas das temperaturas externas e sugere que seu diagrama seja utilizado principalmente para edifícios leves em regiões úmidas como o leste dos Estados Unidos onde morou, indicando as estratégias para o interior.

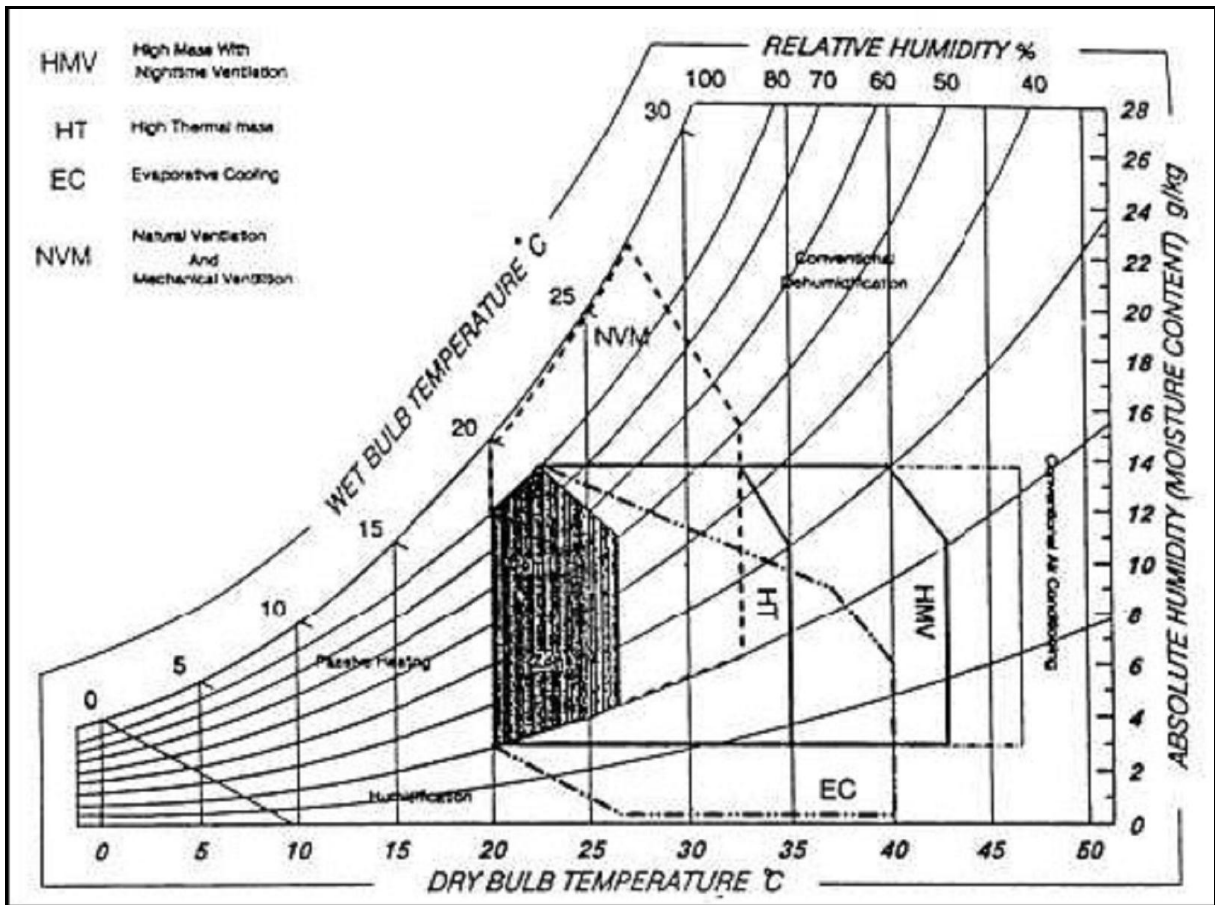


Figura 7: Diagrama de Givoni, 1969
 Fonte: Givoni, 1969.
 Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

O diagrama de Olgyay (1963) é para as condições externas, mesmo que as estratégias de projeto sugeridas no diagrama sejam para o interior, o que é uma incoerência conforme (GIVONI, 1992). Nos sistemas desenvolvidos por Olgyay (1963) e Givoni (1969) aparecem alternativas para dilatar a zona de conforto, através da adoção de estratégias arquitetônicas, que alteram a sensação do clima interno em estudo.

No caso da carta de Olgyay (1969), os limites de conforto foram obtidos de pesquisas anteriores, efetuadas por fisiologistas e, no caso de Givoni (1963), baseadas num índice de conforto térmico, desenvolvido por ele mesmo, denominado de ITS (Index of Thermal Stress), de caráter biofísico.

O diagrama bio climático de Olgyay (1969) insinua que as condições de temperatura e umidade sejam plotadas como curvas fechadas ou ciclogramas das médias diárias (hora por hora), para cada mês, de uma dada localidade. Na carta

bioclimática de edifícios de Givoni, o clima local pode ser representado mês a mês por dois pontos, cujas coordenadas são as médias mensais dos valores extremos do par temperatura e umidade diária do ar externo, o que não impede que sejam plotadas condições climáticas com a periodicidade que se desejar. Este diagrama serve para comprovar ao mesmo tempo a exigência humana, o rigor do clima local e a resposta qualitativa global de soluções arquitetônicas, segundo Izard e Guyot (1983).

✓ *Índice Climático Térmico Universal (UTCI)*

O Índice Climático Térmico Universal (UTCI), desenvolvido pela Comissão da Sociedade Internacional de Biometeorologia, é um índice novo que abrange as seguintes faixas climáticas: $-50^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq 50^{\circ}\text{C}$, $-30^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{rm}} - T_a \leq 70^{\circ}\text{C}$, velocidade de vento entre 0,5 e 30,3m/s e umidade relativa de 5% a 100% (pressão de vapor máxima 5kPa). Assim, a temperatura UTCI é equivalente para dada combinação das variáveis climáticas (vento, radiação, umidade e temperatura do ar) e é definida como a temperatura do ar do ambiente de referência, que produz o mesmo valor de estresse térmico do ambiente real (NINCE, *et al.*, 2013).

Bröde *et al.*(2012) estudou o impacto da temperatura, umidade e vento, bem como das ondas longas e ondas curtas e dos fluxos de calor radiante no conforto térmico de moradores da cidade de Curitiba, PR com o uso do UTCI. Os resultados mostraram que as mulheres escolheram menos roupa de isolamento em condições de calor em comparação com os homens e que os valores observados de isolamento das roupas dependia de temperatura, mas também da época do ano e, potencialmente, da radiação solar. O padrão geral de escolha da roupa foi bem refletido pelo UTCI, que também forneceu boas previsões de votos sensação térmica, dependendo das condições meteorológicas.

Em outro estudo Bröde *et al.*(2012) UTCI demonstrou-se sensível a velocidade do ar, a radiação e umidade mostrando reações plausíveis tanto em situações de calor, assim como no frio, o que indica que o UTCI pode ser universalmente utilizável nas principais áreas de investigação e aplicação da biometeorologia humana.

✓ *Zona de conforto de Szokolay*

O método desenvolvido por Szokolay estima o subaquecimento, superaquecimento e frações do ano com superumidificação de uma dada região. Os limites de temperaturas de bulbo seco adotados para a zona de conforto no método CPZ, é de 18,5°C a 28,5°C (SZOKOLAY,1995).

O sistema desenvolvido por Szokolay permite o cálculo de limites específicos para a zona de conforto de uma dada região distintamente, dependendo somente das temperaturas médias do mês mais quente e do mês mais frio da região de estudo.

A base de dados climáticos adotada pelo método Szokolay é simples. As temperaturas usadas são as médias das máximas e máximas mensais armazenadas junto com o desvio padrão das mesmas. Conforme Szokolay (1995), a utilização desta estrutura de dados proporciona quase a mesma confiabilidade que uma base de dados horários, com a vantagem de sua fácil utilização.

A zona de conforto de inverno deve ser construída a partir da tomada da temperatura média do mês mais frio, calculando-se a temperatura neutra ($t_n = 17,6 + 0,31 T$), onde T é a temperatura média do mês mais frio. Os limites para temperatura de bulbo seco são $t_n - 2$ e $t_n + 2$, na curva de 50% de umidade relativa da carta psicrométrica (SZOKOLAY,1995).

A zona de conforto está delineada lateralmente pelas linhas de temperatura efetiva padrão (SET), correspondentes, determinando-se a interseção com o eixo horizontal através da fórmula: $T_{base} = T + 0,025.(T-14) \times \text{Umidade AbsT}$. A zona de conforto deve ser delimitada acima e abaixo pelas linhas de umidades absolutas de 12g/kg e 4g/kg, respectivamente.

Na construção da zona de conforto de verão, repete-se o mesmo processo para a temperatura média do mês mais quente. Segue-se, então, a plotagem do clima da região sobre a carta psicrométrica. Cada mês pode ser representado por dois pontos definidos pelas médias das temperaturas máximas com a umidade da tarde e a média das mínimas com a umidade da manhã. Os dois pontos de cada mês são interligados por uma linha reta. A relação das 12 linhas com a zona de conforto permite uma indicação visual do problema climático que afeta a região (SZOKOLAY,1995).

Entretanto, o método Szokolay (1995) ainda define indicadores numéricos, que representam o período do ano onde o clima se apresenta com superaquecimento, subaquecimento e superumidificação, em relação à zona de conforto. Esses três indicadores numéricos representam, mais precisamente, os problemas térmicos da região de estudo.

✓ *Alguns trabalhos de Conforto Térmico no Brasil*

Trabalhando com conforto térmico no Brasil, tem-se como principais referências os trabalhos de Valente (1977) em Salvador-BA, utilizando-se da temperatura efetiva (THOM,1959) para desenvolvimento de estudo sobre o conforto térmico, bem como Brandão e Lucena (2000), que estudaram o conforto na parte central da cidade do Rio de Janeiro - RJ utilizando o mesmo índice.

Funari (1979) utilizou a fórmula de Peguy (1961) para realizar o trabalho “Balanço do Calor Ambiental no Estado de São Paulo”, já Vasconcellos (1988), em seu estudo sobre “O tratamento gráfico do conforto térmico no Estado de São Paulo”, utilizou a equação de Missenard (1948). Brandão (1996), ao estudar sobre o clima da cidade do Rio de Janeiro, avaliou os efeitos da “ilha de calor” sobre o conforto.

Frota e Schiffer (2007) examinaram a aplicação do conforto na arquitetura através do “Manual do Conforto Térmico”, onde são apresentados vários índices, ábacos e tabelas sobre o assunto para todo o Brasil.

Monteiro e Alucci (2010) a partir de comparações cruzadas entre pesquisas laboratoriais e de campo observaram o conforto térmico em espaços urbanos abertos na cidade de São Paulo. Os autores verificaram que os resultados das respostas de percepção de sensação térmica apresentaram-se menos previsíveis nos levantamentos de campo do que nos dados laboratoriais. No entanto, o índice de carga térmica, de temperatura equivalente percebida e de nova temperatura efetiva corrigida, apresentaram resultados mais significativos para a predição da percepção de sensações térmicas.

Andrade (1996) procurou determinar as estratégias bioclimáticas que precisam ser aplicadas nos projetos de edificações destinados ao clima de Florianópolis (SC). Estende algumas críticas às Cartas Bioclimáticas anteriores, como a de Szokolay

(1987) pois para ela o autor não definiu exatamente quais as variáveis climáticas seriam mais adequadas e aplicáveis nos cálculos que determinam a zona de estratégia (média das máximas ou máxima absoluta; amplitude térmica média anual ou amplitude máxima do inverno), ocasionando assim uma grande variação de seus limites entre as opções (ALVES, 2012).

Crítica, em parte, a Carta de Olgyay (1963), por considerar que não leva em consideração as características da edificação, trabalhando apenas com os dados em ambiente externo e com as estratégias de ganho solar, ventilação e resfriamento evaporativo (ALVES, 2012).

Vecchia (1997) realiza uma abordagem dinâmica do clima para o estudo do conforto térmico humano nos ambientes construídos. Adapta o diagrama de Olgyay (1969) às condições do sudeste brasileiro para investigar o ritmo climático na cidade de São Carlos (SP), e a repercussão sobre a percepção de conforto (ALVES, 2012).

Barbosa (1997) desenvolveu uma metodologia visando especificar e avaliar o desempenho térmico em edificações térreas, residenciais unifamiliares. A parametrização do desempenho térmico foi realizada em função da transmitância e absorvidade de paredes e coberturas, sistema de sombreamento e aberturas de ventilação. A avaliação por desempenho pode ser feita simulando-se qualquer sistema construtivo, quantificando-se as horas anuais de desconforto e comparando-as com o limite aceitável estabelecido.

Procurando ilustrar uma proposta de zona de conforto obtida a partir de pesquisa de campo realizada com estudantes do 2º grau em Florianópolis (SC), Xavier e Lamberts (1999) avaliaram as sensações térmicas relatadas pelos estudantes, e o percentual mínimo de pessoas desconfortáveis nas salas de aula, em função das variáveis ambientais.

Comparando-se a zona de conforto proposta pelos dados obtidos no trabalho, com a proposta por Givoni, (1992), para países em desenvolvimento, observou-se que, ao contrário das reflexões deste autor, os estudantes pesquisados apresentam-se mais sensíveis com relação às variações da temperatura do ar. O limite inferior da temperatura, para conforto, foi de ordem de 20°C, enquanto o previsto por Givoni era da ordem de 18°C. O limite superior da temperatura, para conforto, foi de 26°C, ao passo que o previsto pelo autor era da ordem de 29°C.

Pode-se destacar os trabalhos de Araújo e Araújo (1991) e Roriz e Basso (1991). Araújo e Araújo (1991) relatam que a pesquisa concretizada com alunos do 2º grau na cidade de Natal -RN, em que foi separada uma amostra de 1110 de um total de 26228 alunos, para responder um questionário sobre as impressões das condições térmica do seu ambiente. Nessa situação, trabalhou-se com valores fixos de vestimenta (uniforme escolar), faixa etária (15 a 18 anos) e atividade escolar (sedentária).

As medições das variáveis físicas foram efetuadas nas salas de aula sempre após 60 minutos do início das atividades escolares, para aclimação. Os parâmetros físicos medidos constam de temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade relativa e velocidade do ar. Os pontos de medição foram escolhidos em função da ventilação e da radiação solar na sala. Constatou-se, por meio de testes estatísticos nos valores observados, que a influência das variáveis ambientais na resposta é bastante significativa em quase todos os cruzamentos.

Roriz e Basso (1991) estudaram dez métodos que definiram sob quais condições um ambiente se torna termicamente agradável. Nesse estudo, os autores aplicaram, para cada um dos dez métodos, as mesmas condições climáticas, comparando os resultados. Como as divergências são muitas nos aspectos de conceitos, variáveis e abordagens, tornou-se necessário fazer algumas adaptações para viabilizar a comparação. As condições climáticas escolhidas se referiram aos dias típicos de verão e inverno para Porto Alegre, ambos com probabilidade definida em 2,5%, (condições rigorosas).

Os dez métodos estudados foram:

1. Evans (Argentina);
2. Fanger (Dinamarca);
3. Givoni (Israel);
4. Humphreys (Inglaterra);
5. Lotersztain e Murature (Argentina);
6. Mahoney (Inglaterra);
7. Olgyay (USA);
8. Rivero (Uruguai);
9. Szokolay (Austrália);

10. Vogt e Miller Chagas (França).

Para a aplicação das condições climáticas dos dias típicos de verão e inverno, considerou-se o metabolismo no verão e inverno igual a 140 W/m^2 para o dia e 80 W/m^2 para a noite; a roupa igual a 0,5 clo para o verão (dia e noite), e 1,0 clo para o inverno de dia e 1,5 clo para o inverno de noite; a velocidade de ventos definiu-se igual a 1,0 m/s para o verão durante o dia e à noite, e para o inverno a velocidade de ventos foi descrita igual a 1,0 m/s durante o dia e 0,1 m/s a noite.

Os autores chegaram à conclusão de que os diversos métodos estudados não divergem quanto às condições extremas (no caso do inverno em Porto Alegre) porque são óbvias. Todavia, quanto aos limites de conforto (no período de verão em Porto Alegre), existem alterações, pois os métodos não coincidem principalmente nos horários de transição entre dia e noite.

O conforto térmico em Salvador foi analisado por Nery *et. al.* (2006) através do uso do índice de Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) que descreve as condições térmicas do ambiente externo, obtidas a partir da equação de balanço térmico do corpo humano em condições de estabilidade. As autoras constataram que existe variações perceptíveis da sensação de conforto térmico entre as estações do ano, com picos acentuados no verão e estresse térmico positivo entre 10:00 e 16:00 horas durante o ano.

Gouveia *et. al.* (2006) estudou o conforto térmico na região metropolitana de São Paulo e sua relação com as propriedades da superfície urbana a partir do índice de Desconforto (ID) proposto por Ono e Kawamura (1991). O estudo observou que as áreas mais densamente urbanizadas ilustram maior incidência de desconforto térmico por excesso de calor.

✓ *Alguns dos índices de conforto térmico mais utilizados*

São inúmeros os trabalhos relacionados com índice de conforto térmico, porém poucos são os que tratam da medição deste em espaços abertos, uma vez que as condições climáticas internas de espaços fechados são mais controladas e passíveis de mensuração e controle de condicionamento térmico. Em grande parte, os modelos

preditivos existentes para estudo de conforto térmico em espaços abertos derivam de modelos para espaços fechados ou são analogias de situações típicas destes (Monteiro *et. al.*, 2007).

Dentre muitos índices, selecionamos alguns os mais empregados:

✓ **Índice de Desconforto – ID**

O ID é também conhecido como índice de “bem estar” (ONO; KAWAMURA, 1991), e é um índice que não inclui a influência do vento.

$$ID = (T_s + T_u) / 2$$

ID é o índice de desconforto (°C)

T_s e T_u são as temperaturas dos bulbos seco e úmido (°C).

✓ **Temperatura Efetiva - TE**

Também chamado “índice de desconforto”, de Houghten e Yaglou (1923) é o mais conhecido e utilizado principalmente por urbanistas e arquitetos, para o planejamento urbano. A equação representativa deste índice é:

$$TE = 0,4 (T_s + T_u) + 4,8$$

TE é a temperatura efetiva (°C)

T_s é a temperatura do ar (bulbo seco) (°C)

T_u é a temperatura do bulbo úmido (°C)

✓ **Temperatura Efetiva Corrigida – TEC**

O índice TE é válido quando a velocidade do vento é calma; já com velocidade diferente de zero, é necessário corrigir o índice TE, que passa a ser chamado de TEC (temperatura efetiva corrigida). Ao corrigir a velocidade emprega-se o ábaco desenvolvido por Koenigsberger (1973), que permite a transformação de TE em TEC, para velocidades do vento acima de 0,1 m/s.

$$TEC = [0,4 (T_s + T_u) + 4,8] + C$$

TEC é a temperatura efetiva corrigida (°C)

T_s e T_u são as temperaturas dos bulbos seco e úmido (°C)

C é a correção da velocidade do vento.(m/s)

✓ **Temperatura Ótima – TO**

O índice TO é descrito por Peguy (1961), e usado para o estudo do saldo de calor ambiental.

$$TO = 32 - 0,18 UR$$

TO é a temperatura ótima (°C)

UR é a umidade relativa do ar (%)

✓ **Índice de temperatura e umidade – THI**

O índice THI é um índice de resultados bastante parecidos com o índice de Temperatura Resultante (TR), baseado na equação de Thom (1959), no entanto, o THI considera desconforto quando o valor do índice passa de 26,5°C:

$$THI = T_s - (0,55 - 0,0055 UR) (T_s - 14,5)$$

THI é o Índice de temperatura e umidade (°C)

T s é a temperatura do ar (bulbo seco) (°C)

UR é a umidade relativa do ar (%)

✓ **Índice de Sensação Térmica - IST**

Este índice é, na realidade, a equação de Missenard (1948) com pequena modificação para possibilitar o uso do ábaco de por Koenigsberger (1973).

$$TR = T_s - 0,4 (T_s - 10) \{1 - [e_w - A.P (T_s - T_u) / e_s]\} + C$$

Onde:

TR é o índice de Sensação Térmica (Celsius)

Ts é a temperatura do ar - bulbo seco (Celsius)

Tu é a temperatura do ar – bulbo úmido (Celsius)

ew é a tensão de saturação do vapor na temperatura do termômetro úmido (mmHg)

es é a tensão de saturação do vapor na temperatura do termômetro seco (mmHg)

A é a constante psicrométrica (psicrômetro de Assmann)= 0,000653 °C⁻¹

P é a pressão atmosférica, corrigida a zero graus Celsius, na hora da observação.

C é a correção devida a velocidade do vento (m / s), com o uso do ábaco de Koenigsberger (1973) (Figura 8).

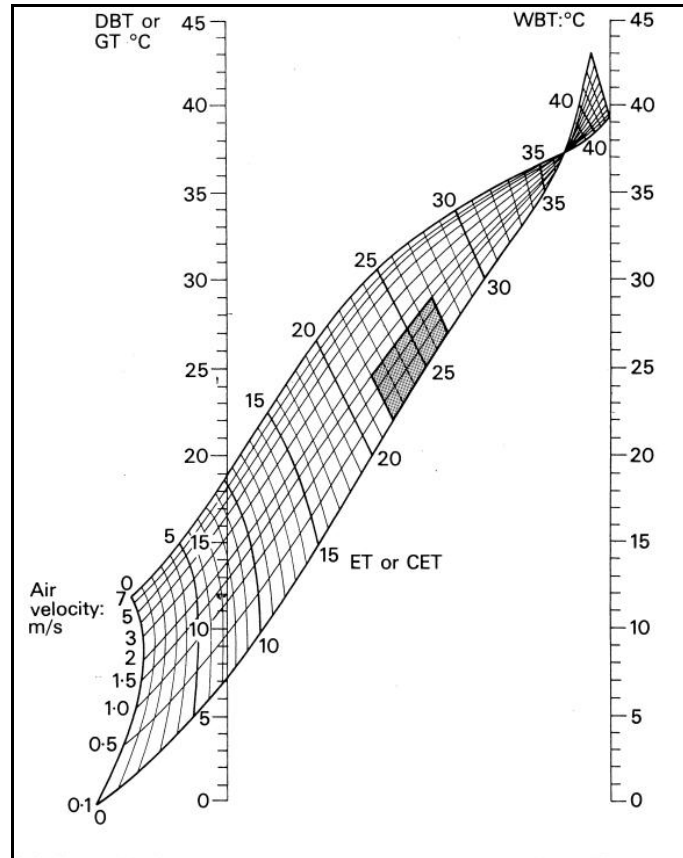


Figura 8: Ábaco de Koenigsberger (1973)

Fonte: Funari (2005)

Org: Gobo, J. P. A. (2012).

4.1.4 - Índices utilizados nesta pesquisa: O Índice de Temperatura Efetiva com Vento – TEv e o Índice de Temperatura Resultante (TR)

Na procura de um índice apropriado para a execução desta pesquisa, verificou-se a importância do vento na determinação dos padrões de conforto térmico em áreas abertas, uma vez que o presente trabalho utilizou dados de estações meteorológicas localizadas em 24 municípios do RS.

Sendo assim, buscou-se um índice de conforto que em sua fórmula apresentasse as principais variáveis determinantes do conforto térmico, anteriormente citadas no item 4.1.2.

O índice de Temperatura Efetiva com Vento – TE_v, elaborado por Suping *et al.* (1992), foi considerado o mais apropriado para o estudo, uma vez que atendia o propósito de submissão dos dados meteorológicos a apenas um cálculo de índice de conforto já incluso a variável vento.

O índice de Suping *et al.* (1992) baseia-se na relação entre os resultados da Maratona Internacional de Beijing e as correspondentes condições de tempo analisados quantitativamente utilizando cinco índices de conforto. Suas conclusões são: que as performances na maratona são influenciadas pelas condições de tempo; tanto a temperatura do bulbo úmido como a temperatura do ar são bons indicadores das performances da maratona (BRAUN, 2003).

O índice de Suping *et al.* (1992), que é chamado de temperatura efetiva em função do vento (TE_v), é dado pela seguinte equação:

$$TE_v = 37 - \frac{(37 - T)}{[0,68 - 0,0014RH + \frac{1}{1,76 + 1,4v^{0,75}}]} - 0,29T(1 - \frac{RH}{100})$$

onde:

T é a temperatura do ar em °C

RH é a umidade relativa em %

v é a velocidade do vento em m/s (medida a 10 metros de altura)

TE_v é a temperatura efetiva em função do vento em °C.

No entanto, em épocas do ano em que a incidência de vento no Rio Grande do Sul é menor, o índice TE_v não se aplica adequadamente no cálculo do conforto, pois este tende a gerar resultados com tendências ao resfriamento pelo vento, ou seja, quando não há valores significativos de vento sendo registrados o cálculo do TE_v maximiza o resfriamento, gerando um erro no resultado real do conforto térmico observado.

Para evitar esse problema, o índice TE_v foi adotado nesta pesquisa somente para os meses em que há predominância de vento em todas as regiões do Estado, independente da sua intensidade, sendo estes meses os meses representativos de outono e inverno (SEMC, 2002).

No que se refere aos meses de primavera e verão, onde a uniformidade dos ventos aplica-se apenas a algumas regiões litorâneas e serranas do estado (Figura 21, item 4.5) adotou-se o Índice de Temperatura Resultante (TR) que é um índice muito semelhante ao de Temperatura Efetiva em seu resultado, porém é baseado em experimentos de laboratório com pessoas, em vários países principalmente nos Estados Unidos (MISSENARD, 1948), dado pela equação:

$$TR = T_s - 0,4 (T_s - 10) (1 - UR / 100)$$

TR = temperatura resultante (°C)

T_s = temperatura do ar (bulbo seco) (°C)

UR = umidade relativa do ar (%)

O índice TR pode ser modificando para a utilização do ábaco de Koenigsberger (1973) (Figura 10), que necessita do termômetro de bulbo úmido (T_u):

$$TR = T_s - 0,4(T_s - 10) (1 - ea / es)$$

$$ea = ew - 0,5 (T_s - T_u)$$

onde: ew é a tensão de saturação do vapor na temperatura do termômetro de bulbo úmido (mmHg) e es é a tensão de saturação do vapor na temperatura do termômetro seco (mmHg).

4.2 - Bioclimatologia Humana

Para começar a tratar do tema bioclimatologia humana, faz-se uso deste trecho extraído do trabalho de Galvani (2004, p. 221), onde o autor salienta que:

“A Bioclimatologia, de forma simplista, aplica os conhecimentos do Clima (Climatologia) às relações com os *seres vivos*. Salienta-se que a Bioclimatologia pode-se distinguir como Bioclimatologia Humana, Animal e Vegetal, quando enfoca, respectivamente, os seres humanos, os animais e os vegetais. Percebe-se que a Bioclimatologia, portanto, envolve uma gama de profissionais das mais diversas áreas a citar, sem estabelecer ordem de importância: Geografia, Agronomia, Meteorologia, Zootecnia, Engenharia Civil, Arquitetura, Biologia e outras

ciências que de forma direta ou indireta se utilizam dos produtos da Bioclimatologia no equacionamento de seus problemas específicos”.

Os primeiros trabalhos da relação clima-homem foram baseados no próprio clima como principal fator desencadeador ou inibidor das doenças mais conhecidas e, eram tratados no ramo da Geografia Médica.

No entanto, a Geografia Médica, em especial a Climatologia Médica e a Bioclimatologia Humana, são duas denominações equivalentes, mesmo que seja necessário reconhecer que das duas, foi a Bioclimatologia Humana que mais se afirmou na literatura científica internacional nas últimas décadas (PINNA, 1993).

Segundo Sartori (2000), no passado havia a tendência de fazer distinção entre Biometeorologia e Bioclimatologia, atribuindo-se à primeira, o objetivo de estudar os efeitos de determinadas situações meteorológicas sobre a saúde dos homens, e, à segunda, as relações entre o homem e o clima, considerando este último como média das condições meteorológicas do ano.

A evolução dos estudos em Bioclimatologia Humana, desde o início da civilização, mostra que há muito tempo a influência das condições atmosféricas no homem foram consideradas muito importantes a sua saúde e ao seu bem-estar (SARTORI, 2000).

Rosen (1979) cita os povos primitivos como Caldeus (4000 a.C.), Babilônios (2200 a.C.), Assírios (1500 a.C.) e Egípcios (3000 – 1000 a.C.) como os primeiros praticantes do que viria a se estabelecer como bioclimatologia. De certa forma esses povos utilizavam-se de horóscopos astrológicos e símbolos do zodíaco para determinar o tratamento de enfermidades.

Huang Ti (Império Chinês, 2650 a.C.) muniram-se das estações do ano e alguns elementos da natureza para simbolizar alguns órgãos humanos, tais como: floresta = primavera = fígado; fogo = verão = coração; metal = outono = pulmões; água = inverno = rim. O calor prejudicava o coração, o frio prejudicava os pulmões, a umidade era ruim para o baço e o vento ruim para o fígado (ROSEN, 1979). Esta mesma civilização do Império Chinês utilizava-se do vento e da água para determinar a melhor localização as casas, jardins, camas e sepulturas. Sacerdotes Budistas e Chineses Taoístas acreditavam que a natureza do homem é alterada pelo seu meio-ambiente (ROSEN, 1979).

Porém foram os gregos que mais avançaram nos estudos da bioclimatologia humana. Anaximenes (Filósofo Grego, século VI a.C) resumiu os efeitos das mudanças físico-químicas entre o homem e o clima ou o tempo, concluindo que a concentração ou diluição do ar afetava todos os seres vivos (HUNTINGTON, 1934).

Hipócrates de Cos (Médico e cirurgião grego, 460 – 375 a.C) fez observações regulares do tempo e incorporou-as no tratamento de pacientes. Ele e seus seguidores escreveram sete livros sobre doenças, sendo que cada descrição de doença iniciava com as condições de tempo. Também, advertiu a todos que desejavam explorar a medicina para conhecer as estações do ano, os ventos e as águas. Ainda hoje é considerado pai da medicina moderna e muitas de suas observações médico-meteorológicas se mantêm (HUNTINGTON, 1934).

A obra “Meteorológica” (estudo da atmosfera e coisas do ar) de Aristóteles (384 – 322 a.C) define as estrelas como seres de vida nobre, controlando o curso das estações do ano, a natureza do crescimento e deterioração. Acreditava que a lua tinha um efeito umedecedor e relatou que as mortes cresciam de acordo com as estrelas e o tempo (ROSEN, 1979).

Mais recentemente, durante o século XV Thomas Sydenham, médico inglês chamado o “Hipócrates Inglês” salientou as reflexões hipocráticas sobre a mudança de doenças, o tempo e a dependência sazonal dos problemas de saúde. Sugeriu que as enfermidades febris eram causadas por mudanças na constituição atmosférica, uma misteriosa contaminação de algumas coisas chamada miasma (HUNTINGTON, 1934).

Montesquieu afirmava que o tempo e o clima não só influenciavam os indivíduos mas que também eram importantes em assuntos legislativos e executivos. Já Voltaire era tempo-sensitivo e se autodescrevia como susceptível ao vento de leste. Outro tempo-sensitivo era Goethe que escreveu “The Experiment of Meteorology” e foi o primeiro a observar diferenças de tempo-sensitividade de acordo com o nível social. Organizou redes de observações meteorológicas e destacou a influência do tempo na eficiência mental (HUNTINGTON, 1934).

No século XVII, William Petersen em sua pesquisa “The Patient and the Weather” examinando cada situação de maneira individual e em grande profundidade, procurou entender como os sintomas de específicos pacientes variavam dia a dia com a passagem de tempos frontais (ROSEN, 1979).

Em meados do século XX estudos da bioclimatologia já firmavam-se bastante consolidados em áreas como a Geografia, a Medicina, a Meteorologia, a Arquitetura e a Biologia. Sorre (1951), ao discorrer sobre os complexos patogênicos, considera a atmosfera como um “meio microbiano”, uma vez que esta pode ser meio de transmissão de elementos patogênicos sem que haja a intervenção de um vetor.

O autor leva em conta também a presença de gases tóxicos e de elementos em suspensão no meio atmosférico, que, segundo ele, devem ser estudados a fim de que se possa estabelecer as devidas correlações entre o clima e as doenças nos seres humanos.

Ao analisar as causas das perturbações orgânicas nos seres humanos, Sorre (1984) afirma que, nos casos visivelmente relacionados aos tipos de tempo, é possível constatar que nenhum elemento climático isoladamente explica os casos de maneira satisfatória, uma vez que as doenças resultam de um conjunto de fatores inter-relacionados e que fazem parte dos meios natural, vivo e social.

Para o referido autor, o meio natural é simbolizado pelo meio climático, enquanto os meios vivo e social figuram a ação geral do meio vivo, exercida por meio dos complexos patogênicos. Embora não se possa deixar de considerar os efeitos da insuficiência, do desequilíbrio ou da carência alimentar sobre a incidência das doenças, Sorre (1984) insiste que o clima, de uma maneira ou de outra, atua de forma direta ou indireta.

Pinna (1993, p. 501-502) revela que, no âmbito da climatopatologia, um sub-ramo da Bioclimatologia, a escola francesa mostra aos pesquisadores seis grandes temas que por sua vez, podem ser subdivididos em vários setores de pesquisa, quais sejam:

- ✓ *O clima e os ritmos de vida* – Para os eventos que devem ser obrigatoriamente declarados, como o nascimento e a morte, tem-se dados concretos, diferentemente do que acontece com as doenças. Exemplos desse estudo são as relações entre climas estacionais ou entre eventos meteorológicos extremos e mortalidade neo-natal, pós-natal, da terceira idade, etc.
- ✓ Estas relações poderão ser examinadas nas suas eventuais ‘*ligações de causalidade*’.

- ✓ *O clima e as doenças infecciosas e parasitária* – A relação entre clima e doenças desse tipo oferece uma vasta possibilidade de estudo, tanto nos países de clima temperado como, sobretudo, nos de clima tropical e equatorial. Na Europa, já foram elaboradas algumas pesquisas tentando esclarecer quais fenômenos atmosféricos ou situações de tempo constituiriam a causa desencadeante das epidemias de gripe durante o inverno. É neste campo de estudos que a Bioclimatologia se sobrepõe e se confunde com a atuação de quem faz Geografia Médica. (...)
- ✓ *A saúde e os grandes paroxismos climáticos* – Estes são, no inverno, as ondas de frio particularmente intenso e, no verão, as ondas de forte calor que colocam à prova as capacidades de resistência do organismo. Nos climas temperados, o risco derivado destas situações meteorológicas não é por si só muito grande, mas assim se torna em função da vulnerabilidade da população, condição que, por sua vez, depende não só de razões de saúde e idade, mas também, de fatores econômicos e sociais.
- ✓ *Relações entre fatores climáticos e a difusão de algumas formas de tumores*, em certas áreas bem definidas – neste caso é necessário examinar não só a ação do clima, mas também, a de outros fatores ambientais concomitantes para investigar sobre as eventuais associações entre eles.

Nas tendências atuais da Bioclimatologia e Biometeorologia Humana, embora ainda se mantenha dentro das linhas clássicas, têm surgido e se expandido refinamentos analíticos como os modelos de avaliação dos efeitos térmicos, tanto externos quanto internos. Hoje em dia os Índices Bioclimáticos derivados de modelo de balanço de calor vem sendo um dos ramos mais estudados da bioclimatologia (SARTORI, 2000).

Progressivamente estão sendo produzidos esquemas espaciais de índices termiais, utilizados na construção de mapas bioclimáticos em diferentes escalas. Por outro lado, como o vestuário é o mais importante mediador entre as condições do ambiente e o corpo humano, determinando o conforto térmico, nos últimos estudos bioclimáticos a investigação de diferentes tipos de materiais dos trajes e seus efeitos

na percepção termal e no estado térmico do corpo vem tomando frente às pesquisas, como verificado no item 4.1.3.

4.2.1 - Conceitos e classificações bioclimatológicas

Há algumas confusões a respeito do conceito de bioclimatologia e biometeorologia. Desde 1930 existe a biometeorologia médica, mas em 1956 a I.S.B. (International Society of Biometeorology) definiu biometeorologia como "o estudo das interpelações diretas e indiretas entre os meios geofísicos e geoquímicos e a atmosfera sobre os organismos vivos." A World Meteorological Organization (WMO) e a International Society of Biometeorology (ISB) decidiram agrupar bioclimatologia dentro de biometeorologia devido ao fato de que a moderna climatologia fazer parte da meteorologia. No entanto, este trabalho se utilizará durante o seu curso do termo bioclimatologia apenas.

A bioclimatologia humana é a ciência que se dedica ao estudo das influências do ambiente atmosférico no homem. Estas influências podem ser termiais, barométricas, hídricas, actínicas, ou elétricas, mas também as causadas pela composição do ar ambiente (SARTORI, 2000).

Segundo Höppe (1997) bioclimatologia humana se estende sobre duas grandes áreas do conhecimento: o corpo humano – seu comportamento, emoções, humor, enfermidades e saúde; e o ambiente atmosférico – o ar, o tempo e o clima. Para cada ser humano a influência do tempo atmosférico representa uma experiência plural, mas com uma percepção singular.

Para Schimidt (1994) o homem poderia ser considerado um animal atmosférico, e não terrestre, por ter mais contato com o ar que o envolve mais do que a própria terra, a exemplo de outros seres vivos.

Como a bioclimatologia é um ramo interdisciplinar entre a climatologia e a medicina, procura-se estabelecer as relações entre saúde dos seres humanos e as condições do tempo e do clima. Schimidt (1994) apresenta uma divisão da bioclimatologia humana cujos quatro setores são:

- ✓ *Bioclimatologia Fisiológica*: estuda as inter-relações entre os processos fisiológicos do homem saudável e a climatologia.

- ✓ *Bioclimatologia Social*: trabalha os fatores favoráveis do tempo e do clima visando o tratamento preventivo ou de cura de grandes grupos populacionais.
- ✓ *Bioclimatologia Patológica*: preocupa-se com fenômenos meteorológicos relacionados com as doenças dos seres humanos. Analisa o aparecimento dos surtos, a intensidade e a sua distribuição geográfica.
- ✓ *Bioclimatologia Urbana*: ocupa-se com a inter-relação entre as pessoas saudáveis e os microclimas existentes nas casas e cidades. Estuda e planeja as cidades visando proporcionar maior conforto climático para seus habitantes.

Para Besancenot (1997) a bioclimatologia humana tem por objetivo o estudo “dos efeitos diretos ou indiretos, irregulares, flutuantes ou cíclicos, do tempo que faz ou do clima sobre a saúde e a ocorrência de doenças, sendo entendido que o tempo age a curto prazo e o clima a médio e longo prazo”.

4.2.2 - Termorregulação e Balanço Energético

O corpo humano produz continuamente calor. Este calor metabólico pode ser de dois tipos:

- ✓ metabolismo basal: devido a processos biológicos que são contínuos e não-conscientes;
- ✓ metabolismo muscular: enquanto a realização de trabalho, que é conscientemente controlável.

O calor produzido deve ser dissipado para o meio, ou uma mudança na temperatura do corpo irá ocorrer. A temperatura corporal profunda é de cerca de 37°C, ao passo que a temperatura da pele pode variar entre 31°C e 34°C sob condições de conforto.

Segundo Crichfield (1960) o equilíbrio de calor do corpo humano pode ser expresso pela equação:

$$M + R - C - E = 0$$

Onde,

M = calor metabólico

C = condução

E = evaporação.

R = radiação

Esta equação deverá ter resultado zero.

Variações ocorrem no tempo, mas também entre as partes do corpo, dependendo da cobertura de roupas e da circulação sanguínea. Existe um transporte contínuo de calor a partir de tecidos profundos até a superfície da pele, e só então o calor é dissipado por condução convecção, radiação e evaporação (AULICIEMS, 1972).

O sucesso do funcionamento dos organismos vivos depende do seu relacionamento com o ambiente externo. Há duas classes básicas de organismos: os pecilotérmicos e os homeotérmicos. Os primeiros não controlam sua temperatura (ex. os artrópodes, vertebrados inferiores e os vegetais). Já os homeotérmicos mantêm sua temperatura interna relativamente constante por mecanismos fisiológicos dos quais variam de acordo com a produção e perda de calor metabólico (ex.: os pássaros e mamíferos). Neste caso a termorregulação é chamada de homeostase. Grandes variações na sua temperatura interna afetam este tipo de animal, podendo levá-lo à morte.

Os homeotérmicos, para manterem sua temperatura constante (geralmente ao redor de 34°C a 42°C) despendem um alto custo energético. A taxa metabólica destes organismos deve aumentar linearmente com a queda de temperatura ambiental, ou seja, quanto mais frio, mais acelerado o metabolismo, pois a queda desta taxa metabólica despense mais trabalho para manter a temperatura interna.

Acima deste limiar, o animal pode manter-se confortável com uma taxa metabólica relativamente constante, chamada de zona de mínimo metabólico (ZNM). Acima desta ZNM, a taxa metabólica não sobe mais linearmente.

Praticamente todos os seres humanos criaram ambientes artificiais para sua sobrevivência ao frio; os *inuits* (esquimós), por exemplo, vivem em um clima próximo ao da Sicília, dentro dos seus iglus. Portanto os fisiologistas procuram encontrar seres humanos adaptados ao frio, fora de ambientes artificiais, como na pré-história.

Os aborígenes australianos são o melhor exemplo disto. Este povo vive, em um ambiente pobre em recursos, sem praticamente nenhuma roupa, e dorme a céu aberto, onde a temperatura pode atingir mínima até 4°C. Ele acende fogueiras para se aquecer, mas ainda assim é muito pouco calor. Nos nativos, comparando-os com os

européus, a temperatura retal, da pele e principalmente o pé cai bruscamente à noite, com T_b de 32°C a 34°C (retal). A condutância do calor interno é pequena nos nativos, ou seja, devido ao fluxo sanguíneo na pele e membros ser menor que nos europeus (THOM, 1959).

Resumindo, os nativos australianos não entram em "stress" porque: a) aumento do isolamento do calor através do fluxo sanguíneo periférico extremamente reduzido, b) tolerância da queda de temperatura basal sem com isto aumentar o metabolismo e sem trair, o que atrapalharia o sono. Os Bushmens do deserto do Kalahari e os lapões, no extremo norte da Europa, apresentam características similares. E também os índios da Terra do Fogo (THOM, 1959).

O controle da temperatura corporal é realizado pelo sistema nervoso central. Mais especificamente, na região cerebral denominada "hipotálamo", que possui sensores de temperatura bastante sensíveis (THOM, 1959).

O organismo também possui receptores periféricos que contribuem para a termoregulação ao enviar as informações térmicas para o hipotálamo. Tais receptores estão localizados na pele, nas vísceras e na medula espinhal (THOM, 1959). Em suma, o hipotálamo consegue estabelecer um equilíbrio entre a produção e a dissipação de calor, a fim de manter a temperatura corporal constante.

Dentre os diversos processos fisiológicos de controle de temperatura controlados pelo hipotálamo, se destaca como mais frequentemente utilizada a variação do fluxo sanguíneo na região termicamente afetada (THOM, 1959).

Em resposta às condições extremas de frio, o corpo humano diminui a circulação sanguínea da pele através da vasoconstrição, reduzindo com isso a temperatura da pele e a taxa de dissipação de calor do corpo. Se isto não for suficiente, a termogênese tomará lugar através da tensão muscular ou tremores, aumentando a produção de calor metabólico (AULICIEMS; SZOKOLAY, 1997).

Os tremores podem aumentar em até 10 vezes a produção de calor metabólico no organismo. Os órgãos internos e os tecidos mais profundos permanecem com temperatura normal de 37°C, enquanto as extremidades do corpo, dedos, orelhas, nariz ficam com temperatura em torno de 20°C e carência de sangue, podendo, em casos de exposição severa ao frio, congelar antes da temperatura corporal profunda ser afetada (AULICIEMS; SZOKOLAY, 1997).

Quando estes ajustamentos fisiológicos falham ao tentarem restaurar o equilíbrio térmico, ocorre a hipotermia, ou seja, o resfriamento corporal profundo, fazendo a temperatura cair abaixo de 35°C. Entre 25°C e 30°C geralmente ocorre a morte, exceto sob condições controladas medicamente (AULICIEMS; SZOKOLAY, 1997).

Ainda que a hipotermia não tenha atingido o indivíduo, a exposição contínua a condições de frio, que exige o pleno funcionamento de controles vasomotores e termogênico, pode causar distúrbios mentais (fornecimento insuficiente de sangue ao cérebro) alucinações e sonolência (LEE, 1980).

Já em condições de calor (ou maior produção de calor metabólico), o corpo responde pela vasodilatação, ou seja, vasos sanguíneos subcutâneos expandem-se e elevam o fornecimento de sangue para a pele, assim a aumenta a temperatura da pele, que por sua vez aumenta a dissipação de calor (GRUBICH, 1961).

Se este processo não pode restaurar o equilíbrio térmico, as glândulas sudoríparas são ativadas, e o mecanismo de resfriamento evaporativo começa a operar. O suor pode ser produzido por períodos curtos, a uma taxa de 4L/h, mas o mecanismo é fatigável, suportando uma taxa de cerca de 1L/h (AULICIEMS; SZOKOLAY, 1997). Quando esse mecanismo não ocorre de maneira que venha a restaurar a condição de equilíbrio térmico, há o aquecimento do corpo e ocorre a hipertermia.

No caso de a temperatura corporal atingir cerca de 40°C as chances de ocorrer acidente vascular cerebral devido ao calor excessivo são eminentes. Ocorre então, uma insuficiência circulatória (onde o retorno venoso para o coração é reduzido) levando ao desmaio (AULICIEMS; SZOKOLAY, 1997).

Os primeiros sintomas são: fadiga, cefaleias, tonturas, perda de apetite, náuseas, vômitos, falta de ar, rubor da face e pescoço, pulsação acelerada (até 150/min), perturbações mentais, tais como apatia e irritabilidade.

Quando a temperatura ultrapassa 41°C a sudorese para e o indivíduo entra em estado de coma com morte eminente. Mesmo se uma pessoa é salva neste ponto, o cérebro pode ter sofrido danos irreversíveis (AULICIEMS; SZOKOLAY, 1997).

4.3 - Zoneamento Climático: Conceitos e Métodos

Para Ometto (1981, p. 405), o zoneamento é “... a escolha dos locais mais indicados para as diversas culturas, a fim de obter-se uma maior rentabilidade do capital investido”, este conceito pode ser adaptado para o zoneamento bioclimático humano e assim juntando métodos aplicados nas ciências agrônômicas com métodos de zoneamento bioclimático aplicados pela arquitetura e engenharia, podemos chegar a um modelo de zoneamento adequado a proposta desta pesquisa.

O zoneamento bioclimático do ponto de vista da arquitetura e do conforto, permite identificar áreas geográficas com condições climáticas similares, onde o projeto arquitetônico, mediante a aplicação de estratégias de acondicionamento natural, pode promover conforto térmico aos seus usuários, reduzir a demanda da de energia para calefação ou refrigeração e evitar impactos prejudiciais a saúde humana (EVANS, 2003).

A partir do “I Encontro Nacional sobre Normalização em Uso Racional de Energia e Conforto Ambiental em Edificações” realizado em Florianópolis em 1991, apresentou-se uma primeira versão do Zoneamento Bioclimático Brasileiro (Figura 9). Para a elaboração do zoneamento, a pesquisa baseou-se em Normais Climatológicas de pouco mais de 300 municípios obtidos por interpolação os dados climáticos de todo o território nacional. Os limites geográficos de cada zona foram estabelecidos a partir de critérios baseados tanto na Carta Bioclimática de Givoni quanto nas Planilhas de Mahoney. Por meio da aplicação destes critérios, definiu-se as estratégias bioclimáticas recomendáveis para cada ponto do mapa e, posteriormente, foram agrupados em uma mesma zona os pontos correspondentes a estratégias semelhantes. Este procedimento resultou em zonas com baixa homogeneidade climática e em um número total de zonas insuficiente para refletir a diversidade climática do Brasil (RORIZ, 2012).

Em 1981, a Argentina desenvolveu um zoneamento bioclimático sob a denominação de “*Clasificación Bioambiental de la República Argentina*” Norma IRAM 11.603. O trabalho delimitou seis zonas e dez sub-zonas bioambientais a partir de dados de: graus horas dia, como indicador de demanda de calefação no inverno;

temperatura efetiva, como indicador de conforto no verão; e amplitude térmica, como indicador da necessidade de incorporar inércia térmica.

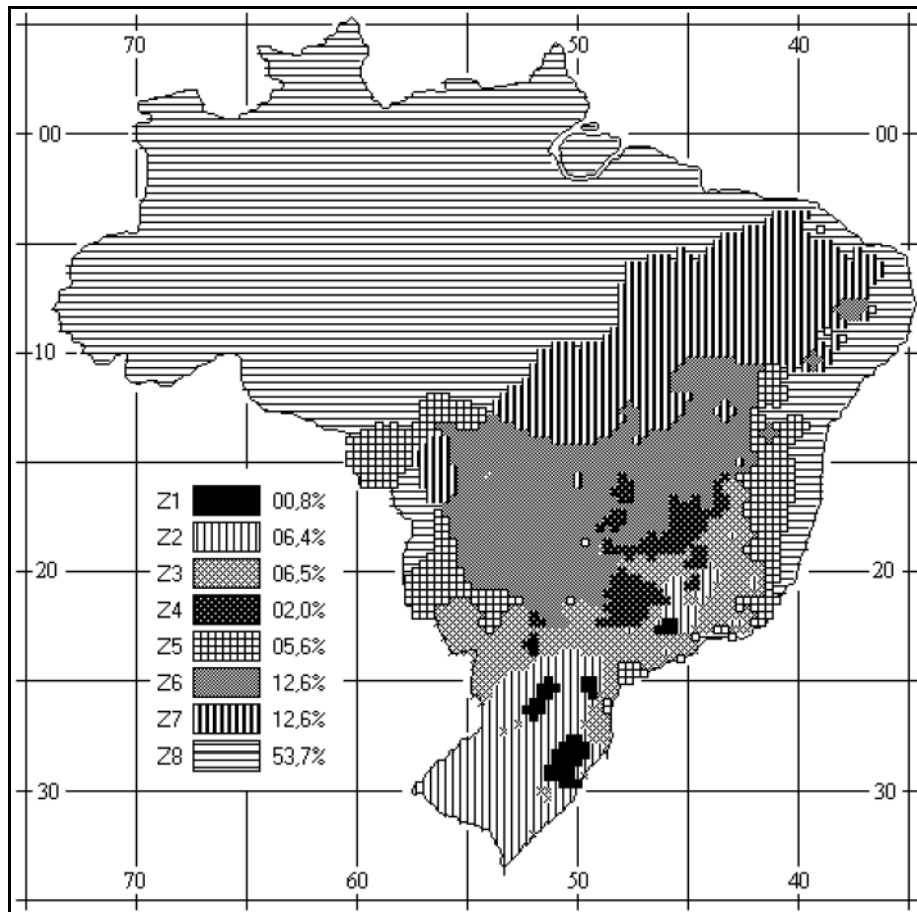


Figura 9: Mapa do Zoneamento Bioclimático Brasileiro.

Fonte: Desempenho Térmico de Edificações Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social (2003).

O trabalho estabeleceu que as exigências para com os padrões construtivos fossem de caráter indicativo e não obrigatórias, sendo que quando se trata de moradias de interesse social o rigor da norma é obrigatoriamente aplicado no requerimento de isolamento térmico.

Quando é sobre o zoneamento do Conforto Térmico deve-se chamar atenção para o trabalho de Zoneamento Climático da República do México, que espacializou as zonas de desconforto por calor, conforto e desconforto por frio no território mexicano de acordo com os meses do ano (MORILLÓN, 2004).

Para a execução do zoneamento do conforto térmico para o México foram plotados no programa ArcInfo dados de 700 estações meteorológicas espalhadas pelo

território mexicano, sendo estes utilizados para definir as condições de sensação térmica mediante a utilização de ferramentas como os diagramas de Olgay (1963) e de Givoni (1992). O trabalho, no entanto estabeleceu apenas 3 classes de zoneamento apresentadas no mapa de zoneamento do nível de Conforto médio anual da figura 10.

Outro trabalho de grande expressão dentro da bioclimatologia arquitetural é o de Navarro (2007) que apresentou uma proposta de zoneamento bioclimático para a Bolívia, onde o autor analisou as adequações construtivas utilizadas na arquitetura vernácula boliviana, em resposta ao clima das diferentes zonas.

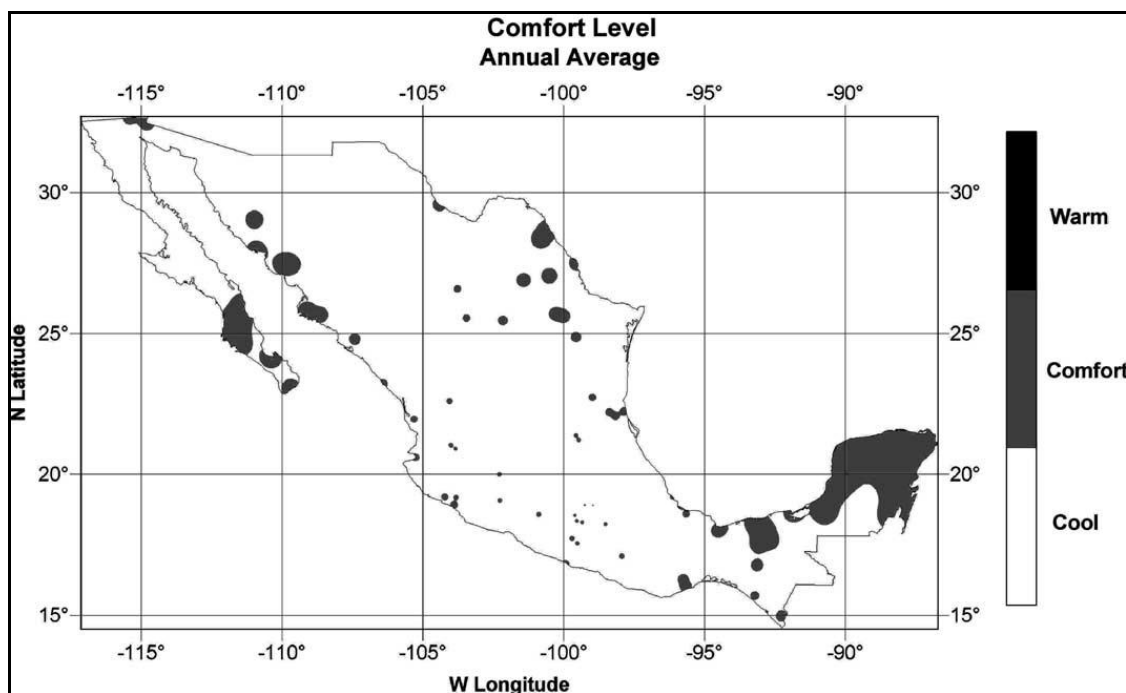


Figura 10: Mapa do nível de conforto médio anual para o México.
Fonte: Morillón (2004).

Para a realização do zoneamento bioclimático boliviano Navarro (2007) ocupou dados de temperatura e umidade de 72 localidades bolivianas e 18 países vizinhos e para complementar espacialmente os dados climáticos utilizou um processo de interpolação de “*Média Aritmética entre pontos vizinhos*”. O resultado final definiu oito zonas bioclimáticas, observando-se uma grande correlação entre as recomendações bioclimáticas das zonas determinadas e as respostas construtivas vernáculas.

Souza *et. al.* (2010) avaliou as condições de clima do Mato Grosso do Sul, por meio do índice de temperatura e umidade (ITU) elaborado por Thom (1952) e elaborou um zoneamento bioclimático para o Estado com base no conforto térmico, abordando

uma série de dados de 1979 a 2008. O autor considerou que em virtude de o clima de Mato Grosso do Sul possuir uma alternância de duas estações ao longo do ano: verão quente e úmido e inverno seco com temperaturas mais amenas, os resultados mostraram maior risco de desconforto térmico no período de outubro a abril, comparado ao período entre maio e setembro. O período mais crítico ocorreu entre dezembro e março (SOUZA *et. al.*, 2010).

No entanto, nas ciências agronômicas o zoneamento é explorado com maior enfoque e frequência. Porém, o zoneamento com finalidade de uso para as atividades agrícolas possui algumas classificações quanto ao objetivo proposto e resultados alcançados. Unindo as considerações feitas por Ometto (*op. cit.*), Pereira; Angelocci; Sentelhas (2000), e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2010), o zoneamento voltado para as atividades agrícolas podem ser divididos em quatro categorias: zoneamento agroclimático; zoneamento agrícola; zoneamento agroecológico ou edafoclimático; zoneamento de riscos climáticos.

O zoneamento agroclimático é a delimitação da aptidão das regiões de cultivo quanto ao fator clima em escalas macroclimáticas e regionais (WOLLMANN, 2011). Entretanto, Mota e Agendes (1986) ressaltam que os zoneamentos macroclimáticos podem ser muito gerais e pouco confiáveis, sendo mais detalhados e recomendados os zoneamentos agroclimáticos em escalas estaduais.

O Zoneamento Agrícola, porém, leva em consideração, além dos elementos do clima, a associação de fatores ou critérios como o solo (zoneamento edáfico), e o meio socioeconômico, com o intuito de organizar a distribuição racional das culturas economicamente rentáveis, respeitando as características sociais e culturais de cada região (Ometto, 1981), servindo, portanto, de base para o planejamento territorial do uso da terra (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2000).

O Zoneamento Ecológico, ou Edafoclimático, é considerado um estudo de complementação da potencialidade natural de determinada região para dada cultura, no qual, além do clima, inserem-se no estudo os aspectos edáficos, ou pedológicos (Ometto, 1981), e considerados, em geral, na mesma escala de análise do zoneamento agroclimático.

Já o Zoneamento de Riscos Climáticos é definido pelo fato de aplicar funções matemáticas e estatísticas (frequêncistas e probabilísticas) com o objetivo de

quantificar o risco de perda das lavouras com base no histórico de ocorrência de eventos climáticos adversos, principalmente a seca, além das variáveis analisadas (clima, solo e planta) (MAPA, 2010).

Alguns trabalhos destacam-se nesta área de zoneamento como os de Kimball; Gilbert (1970), Sentelhas; Pereira; Angelocci (2000), Ometto (1981), Mota; Agendes (1986), Wollmann (2011), entre outros.

No entanto, Wollmann (2011) aliou os fundamentos agroclimáticos aos geográficos ao fazer uma análise da influência da dinâmica climática e da sucessão dos tipos de tempo no zoneamento do cultivo de rosas para o estado. O trabalho de Wollman (2011) classificou o estado do Rio Grande do Sul em áreas aptas, marginais e inaptas do ponto de vista da temperatura média sazonal e anual, bem como zoneou as condições climáticas de anos-padrões mais chuvoso, menos chuvoso e habitual, acrescentando a isto um levantamento dos sistemas atmosféricos predominantes nestes anos (Figura 11). O autor constatou que as estações de outono e primavera mostraram-se como sendo as de maior aptidão climática para o cultivo das rosáceas. Porém considerou-se para todas as estações, e todos os anos padrões analisados, restrições climáticas relacionadas às temperaturas máximas e mínimas médias absolutas (WOLLMANN, 2011).

Comprovou-se também que as médias não mostravam a realidade dos fatos, uma vez que a análise anual não apresentou áreas inaptas, mas pode ser observado o surgimento de diferentes sub-classes ligadas às áreas aptas e marginais ao cultivo da rosa. O autor conclui que as condições climáticas do Rio Grande do Sul, especialmente as grandes variações térmicas e elevada umidade do ar, bem como a baixa insolação, não são recomendadas ao cultivo da roseira (WOLLMANN, 2011).

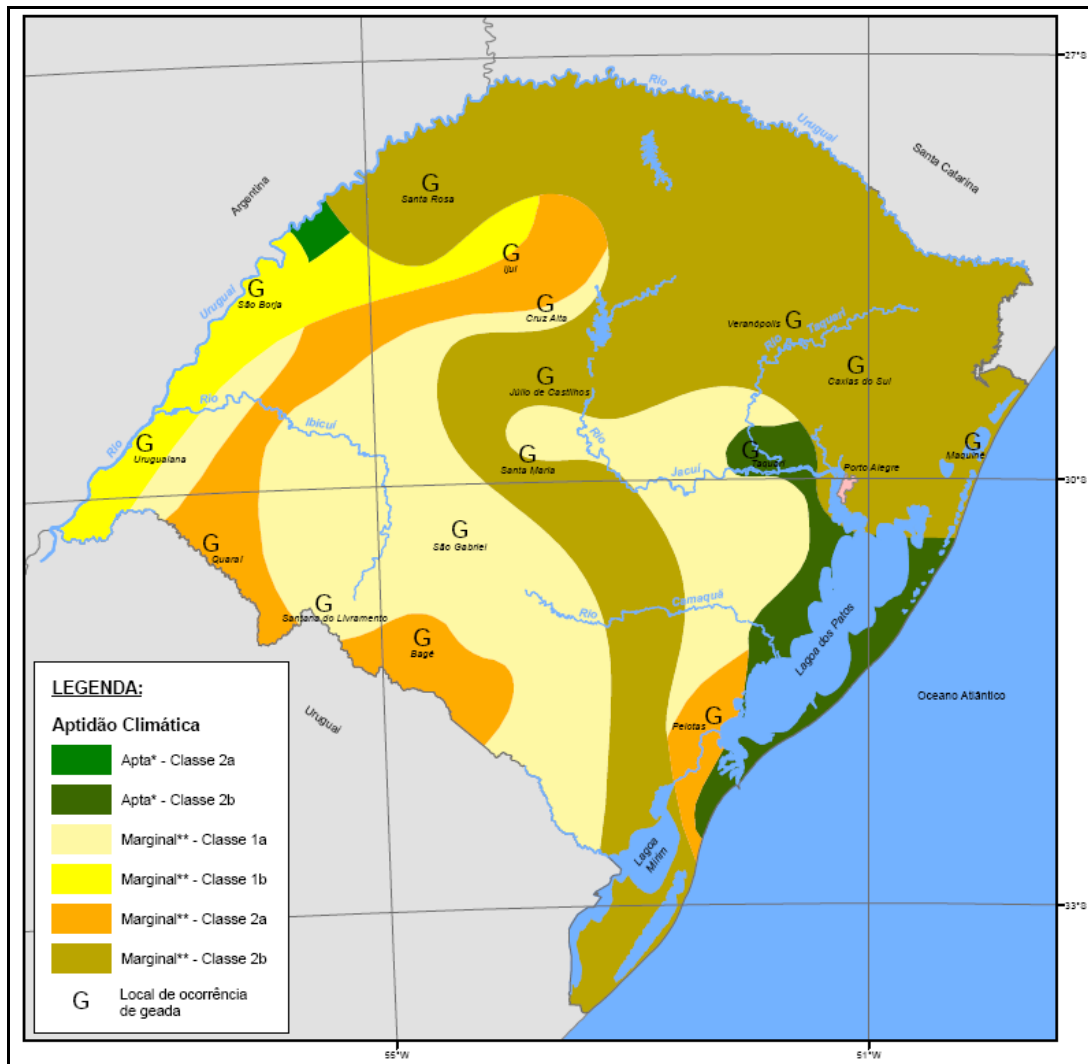


Figura 11: Mapa do Zoneamento Agroclimático para o Cultivo de Rosas no Rio Grande do Sul. Fonte: Wollmann (2011).

4.4 - Regionalização Climática

São poucos os trabalhos climatológicos que propõem uma regionalização climática para determinada região. Muitas destas pesquisas traçam apenas zoneamentos climáticos, os quais não agrupam e determinam locais característicos resultantes da percepção do observador.

O IBGE publicou em 1968 o livro “Subsídios à Regionalização” onde se assinalam diferenciações regionais, tanto nos aspectos físicos como nos humanos, econômicos e sociais (exemplo na Figura 12). O estudo está dividido em 7 (sete) conteúdos específicos sendo um deles o quadro natural onde foram estudados a

topografia, o clima, a vegetação, os solos, os recursos hídricos e os recursos minerais, de modo a fornecer a divisão do país em espaços homogêneos naturais.

Até então, o trabalho de regionalização climática feita pelo IBGE era o primeiro esforço em regionalizar o clima do Brasil e seguiu-se de outras propostas, porém poucas, tendo em vista a gama de trabalhos relacionados ao assunto.

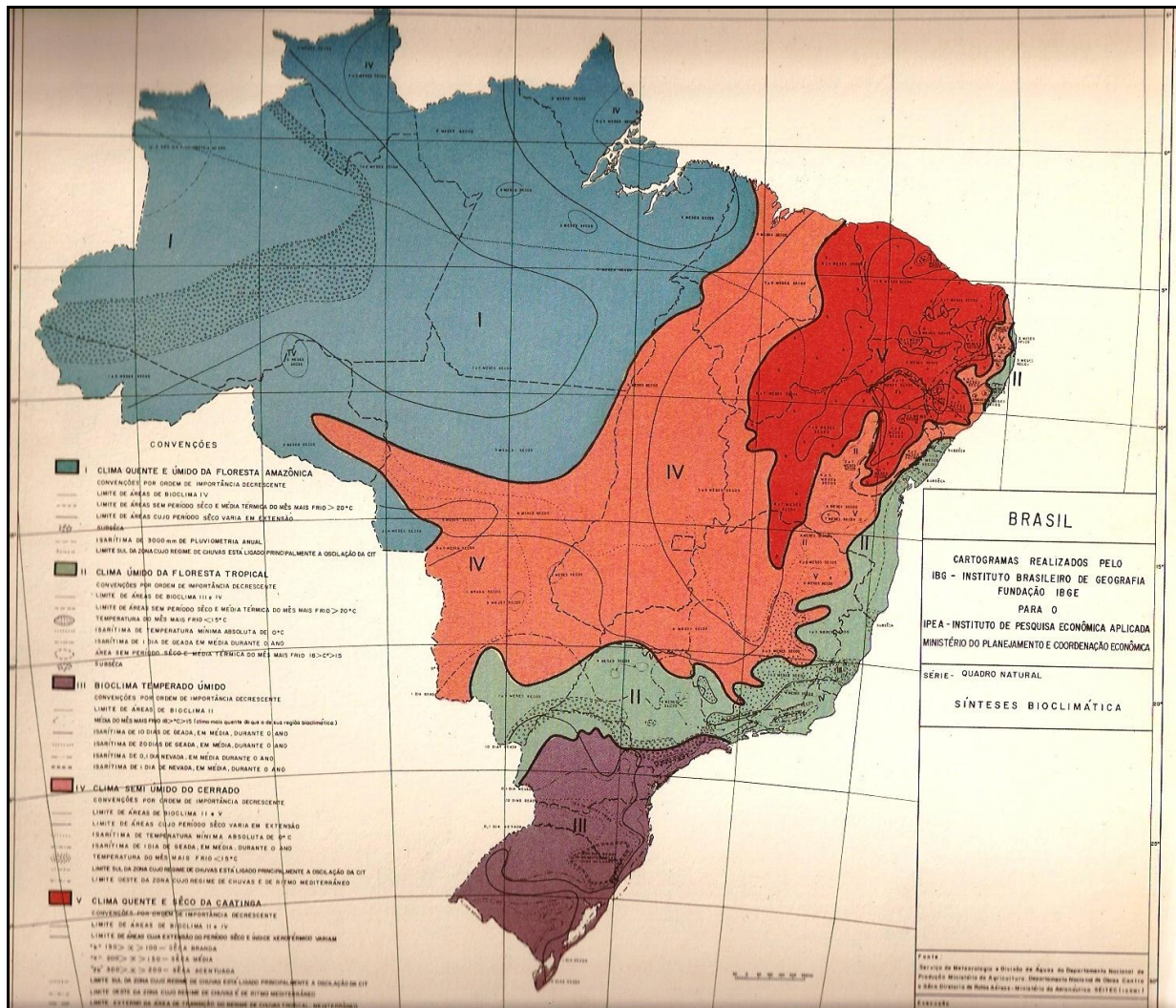


Figura 12: Mapa da regionalização bioclimática para o Brasil.
Fonte: IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (1968).

Em 1970 Ab'Sáber divulga um estudo sobre o Território Brasileiro, onde apresenta uma hierarquização fisiográfica, a qual chamou de “*Domínios Morfoclimáticos do Brasil*”, cujas áreas estão relacionadas as regiões climatobotânicas, áreas geopedológicas, províncias fitogeográficas e regiões hidrológicas e biogeográficas bem definidas, estruturadas em seis (06) Domínios que,

posteriormente, sofreram uma adaptação de linguagem (1977), quando Ab'Saber os passa a chamar de “Os Domínios Paisagísticos Brasileiros”.

Ab'Saber (1970 e 1977) organizou Domínios Morfoclimáticos e Paisagísticos Brasileiros na seguinte concepção:

- ✓ *Domínio da Caatinga* – depressões intermontanas e interplanálticas semi-áridas;
- ✓ *Domínio do Cerrado* – chapadões tropicais interiores com Cerrados e florestasgaleria;
- ✓ *Domínio Amazônico* – terras baixas florestadas equatoriais;
- ✓ *Domínio dos Mares de Morros* – áreas mamelonares tropical-atlântica
- ✓ florestadas;
- ✓ *Domínio das Araucárias* – planaltos subtropicais com araucárias;
- ✓ *Domínio das Pradarias* – conxilhas subtropicais com pradarias mistas;
- ✓ *Faixas de transição* – não diferenciadas que ocorrem entre os domínios.

Essa regionalização paisagística em Domínios Morfoclimáticos do Brasil, apresentada por Ab'Saber (1970), baseia-se na compreensão do arcabouço geológico, geomorfológico, climático, edáfico e fitoecológico do território brasileiro, corroborado por estudos capitaneados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Ao analisar a obra dos Domínios Morfoclimáticos e Paisagísticos Brasileiros de Ab'Saber (1970 e 1977) é possível verificar que não há possibilidade de uma delimitação cartográfica precisa destes domínios, tanto dos seus contornos geomófico-climáticos, como das configurações biogeográficas e fitopaisagísticas. Isso se deve pelo fato de que há apenas uma sazonalidade decorrente das várias configurações dos fatores que os compõe, principalmente pelo fato de que cada domínio morfoclimático possui uma área nuclear e zonas ou faixas de transição ecótonos, onde se interpenetram se diferenciam e, às vezes, se misturam em mosaicos complexos, contendo componentes de duas ou três áreas de contato, como por exemplo, as áreas de transição do Domínio do Cerrado.

Andrade Júnior, et. al.(2005), em trabalho realizado no estado do Piauí, propôs uma classificação climática e regionalização do semiárido para o Estado. Utilizando-se o índice de umidade de Thornthwaite (1948) o autor definiu a percentagem da área dos municípios sob os diferentes tipos climáticos, em cada cenário pluviométrico. A

classificação climática e a regionalização da região semi-árida do Estado do Piauí variam com os cenários pluviométricos e o critério de classificação climática adotados.

Em sua tese de livre-docência Tarifa (2002) apresenta a ideia de unidade climática para tratar a regionalização dos climas dos Maciços Litorâneos da Juréia-Itatins, no Estado de São Paulo, onde o autor estudou inter-relações temporais (ritmo climático) entre os atributos e os controles climáticos partindo de uma escala regional (sistemas atmosféricos) até a identificação dos climas locais, os topo e microclimas.

Neste mesmo trabalho, Tarifa (2002) dá o conceito de unidade climática como unidade na diversidade, onde cada decomposição do real permite conhecer ou inferir como se dá a relação uso-território-mudança. Ora, se se consegue vislumbrar, para cada Unidade Climática, quais as possibilidades de mudanças em um determinado uso, é possível entender também os prováveis impactos decorrentes da ação humana em um determinado espaço.

O autor explica que a busca da consistência se afirma na hierarquização dos controles meteorológicos de macroescala (latitude, longitude, distância dos oceanos, circulação atmosférica) com aqueles de mesoescala (relevo, orientação topográfica, forma dos vales, altitude, declividade, planos ou esplanadas de topo ou de fundo, etc.) e finalmente com os de microescala, diretamente ligados à superfície do solo (uso do solo, vegetação, tipo de solo, superfícies líquidas, grau do sombreamento, etc.). Este raciocínio decompõe os processos e os volumes das várias camadas de ar, em um contínuo processo de análise (decomposição) e síntese (integração), visando a compreensão das várias Unidades Climáticas, ou “climas”, em suas relações de espaço-tempo (TARIFA, 2002).

A identificação dos espaços climáticos, portanto, inclui a estruturação de uma rede de relações entre os atributos e controles. À medida que se reduz as dimensões do espaço, a velocidade das mudanças, em nível de processo, também se altera, exigindo ajustes do segmento temporal ou de unidade de medida (tempo linear) adequada para apreender as mudanças que fluem em ritmos diferenciados para cada unidade de espaço. Existe assim, para cada dimensão espaço-tempo, dados, fontes, observações e equipamentos adequados para cada dimensão, para cada realidade climática (TARIFA, 2002).

O autor também explica que a dimensão da realidade e dos fenômenos em estudo, de acordo com cada natureza do espaço, fornecem o ponto de partida e o de chegada (do macro ao meso e ao micro) na decomposição das escalas de análise-síntese, não havendo necessidade de se estabelecer, *a priori*, categorias taxonômicas fixas (TARIFA, 2002).

Mesmo não havendo necessidade de se definir escalas fixas de espaços climáticos, pois as combinações são muitas, o clima local ou de um lugar se constitui numa realidade viva, induzida pela combinação dos controles e atributos, e onde a sucessão e a composição da totalidade dos ritmos dos estados atmosféricos é aproximadamente homogênea e habitual (TARIFA, 2002).

Ross (1985), com base nos trabalhos desenvolvidos pelo *Projeto Radambrasil*, desenvolveu uma nova classificação para o relevo brasileiro onde priorizava o estrutural e, sobretudo as macro-compartimentações do relevo, dividindo este em planaltos, planícies e depressões, regionalizando esses grandes compartimentos de acordo com suas características peculiares de cada local. Para chegar a esta proposta de regionalização de identificação das macro-unidades do relevo brasileiro, Ross (1985) contou com as bases apresentadas na classificação do relevo de Ab'Saber (1970) e praticamente todos os relatórios e mapas produzidos pelo *Projeto Radambrasil* da série dos Levantamentos dos Recursos Naturais para todo o país.

Estes exemplos de classificação e regionalização utilizados por Ross (1985), Ab'Saber (1970) e Tarifa (2002) vem sustentar a ideia de desenvolvimento de uma regionalização climática para Rio Grande do Sul calcada no zoneamento do conforto térmico no estado.

4.5 - Caracterização Climática do Rio Grande do Sul: Dinâmica Climática e Circulação Atmosférica Regional

Os estudos relacionados ao clima do Rio Grande do Sul concentram-se principalmente nos trabalhos realizadas por Machado (1950), Monteiro (1963), Moreno (1961), Sartori (1980, 1979, 1993, 2000) e Wollmann (2008 e 2011).

Em termos de classificação climática geral, o Estado do Rio Grande do Sul insere-se no tipo Cfa e Cfb, proposto por Köppen (AYOADE, 2003), sendo: C – clima

temperado chuvoso e quente; f - nenhuma estação seca; a - verão quente e mês mais quente com temperatura média maior do que 22°C e a do mês mais frio superior a 3°C; b – Temperatura média do ar no mês mais quente é menor que 22°C e a temperatura média do ar nos 4 meses mais quentes é superior a 10°C (WOLLMANN, 2008).

Nimer (1979) afirma que no Rio Grande do Sul, assim como em toda a Região Sul, há o predomínio quase absoluto do clima mesotérmico do tipo temperado; o tipo brando domina na maior parte do Estado e o tipo médio nas altitudes superiores a 1000 metros, notadamente na Serra de Nordeste (região Nordeste do território sul-riograndense).

Entretanto, é Sartori (1980, p. 51) que aponta as primeiras conceituações sobre o clima no Estado ao concluir estudos sobre a circulação atmosférica secundária regional, tendo a região de Santa Maria como indicador espacial, afirma que:

A circulação secundária regional é predominantemente controlada pelos Sistemas Extratropicais, representados pela massa polar atlântica, pela massa polar velha e pela frente polar atlântica, em qualquer estação Sartori (1980, p. 51).

A referida autora afirma, também, que os Sistemas Intertropicais apresentam participação em praticamente todas as estações do ano, mas, com menor assiduidade nos meses de outono e inverno e uma maior atuação nos meses de primavera e verão. Linhas de instabilidade e calhas induzidas, geradoras de tempestades são mais frequentes no verão já que estas se desenvolvem de modo mais eficiente à medida que se intensifica o aquecimento continental (SARTORI, 1980).

Segundo a autora, devido à posição de Santa Maria, os estudos aplicam-se a praticamente todo o Estado:

...deve ser considerada, evidentemente, a posição latitudinal e longitudinal das regiões, já que elas dependem, muitas vezes, certas peculiaridades regionais, resultantes da tendência de ficarem mais ou menos expostas a um ou outro sistema atmosférico. Isto significa que, em alguns setores do estado, podem sofrer efeitos um pouco maiores dos Sistemas Intertropicais, como parece acontecer, por exemplo, com a Massa Tropical Continental em determinadas épocas do ano (primavera e verão), no extremo oeste rio-grandense, motivado pela proximidade da Depressão do Chaco, origem dessa massa de ar (SARTORI, 1980, p. 53).

Ao se tratar da gênese das precipitações no Estado Moreno (MORENO, *apud* WOLLMANN, 2008) coloca que o regime pluviométrico é acentuado pela orografia.

Onde esta aparece, as chuvas se precipitam em maiores volumes. O relevo obriga a elevação das massas de ar as quais se resfriam, condensam-se, ocasionando as chuvas. Porém, Wollmann (2008) salienta a menção que o autor faz à circulação atmosférica responsável pelas chuvas no Rio Grande do Sul, cujas nomenclaturas, hoje, já não são mais utilizadas.

As figuras 13, 14, 15, 16 e 17 apresentam a série 1961-1990 das normais climatológicas referente à precipitação pluviométrica e temperatura do ar para cinco localidades do Rio Grande do Sul, Bagé, Bom Jesus, Santa Maria, São Luiz Gonzaga, e Torres, respectivamente, correspondentes a cada um dos compartimentos geomorfológicos anteriormente tratados na caracterização da área de estudo (capítulo 3).

A respeito do verão, Machado (1950) coloca que a estação possui médias de 25°C, semelhantes a do mês de janeiro, considerado pelo autor, como o mês mais quente da estação e, conseqüentemente, do ano. Ainda para o verão, o estudioso aborda que o mês mais quente e menos quente são, respectivamente, fevereiro e dezembro.

Araújo(1930) coloca que “no verão, as chuvas têm, em grande parte do Estado, a metade da duração das chuvas de inverno...”. Em relação ao regime dos ventos, Araújo (op.cit) faz rápida menção à dinâmica atmosférica, explicando que “... no verão, as baixas pressões do interior dos continentes se mantêm mais baixas do que sobre os oceanos que lhe são vizinhos...”; direcionando-se ainda ao “... controle do tempo pelos anticiclones e depressões...” barométricas que enfraquecem durante a estação pela máxima insolação registrada no período no Hemisfério Sul, repercutindo na força e direção do vento (ARAÚJO, op. cit., p. 76-91).

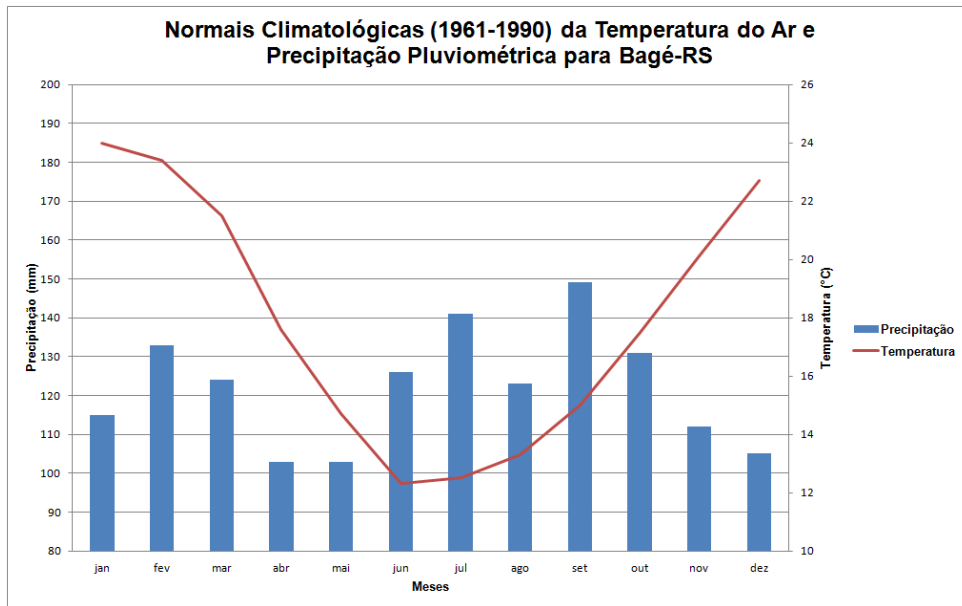


Figura 13: Normais climatológicas (1961-1990) da temperatura do ar e precipitação pluviométrica para Bagé-RS.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2013).
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

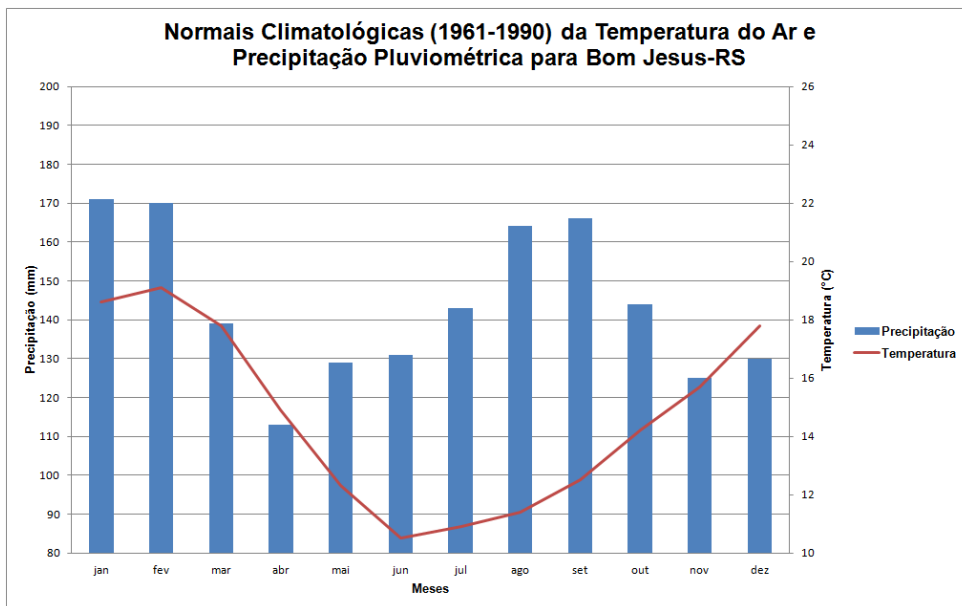


Figura 14: Normais climatológicas (1961-1990) da temperatura do ar e precipitação pluviométrica para Bom Jesus-RS.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2013).
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

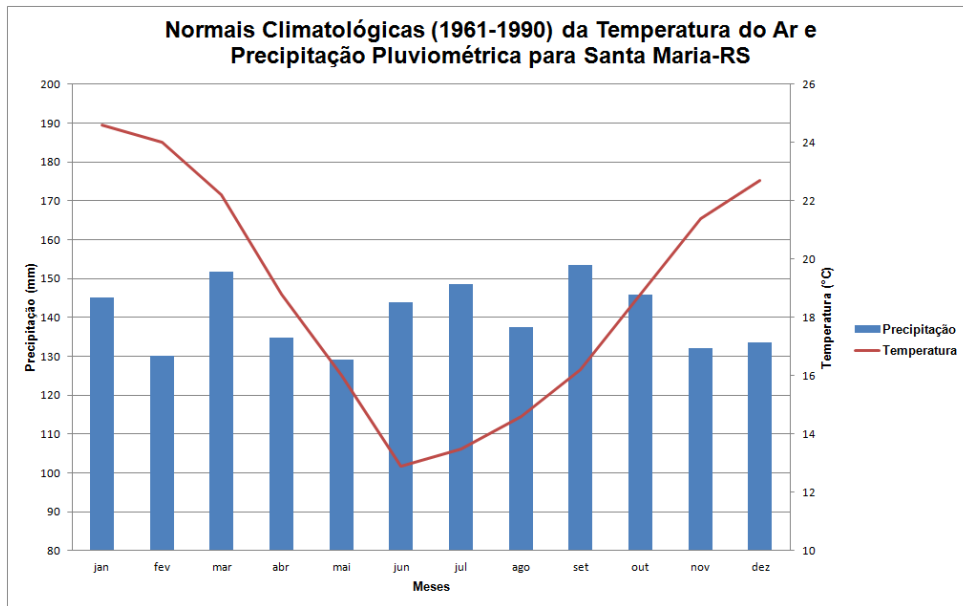


Figura 15: Normais climatológicas (1961-1990) da temperatura do ar e precipitação pluviométrica para Santa Maria-RS.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2013).
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

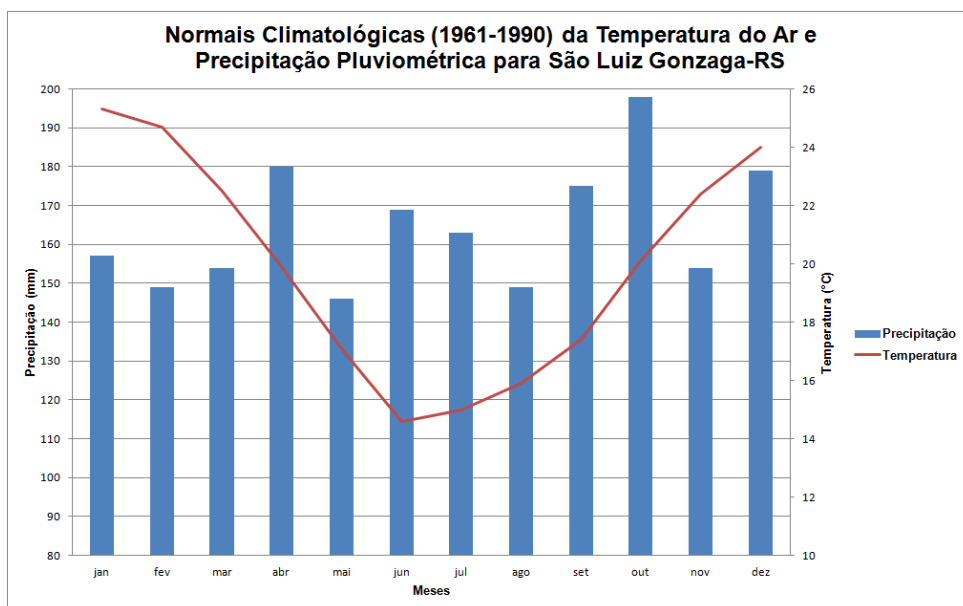


Figura 16: Normais climatológicas (1961-1990) da temperatura do ar e precipitação pluviométrica para São Luiz Gonzaga-RS.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2013).
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

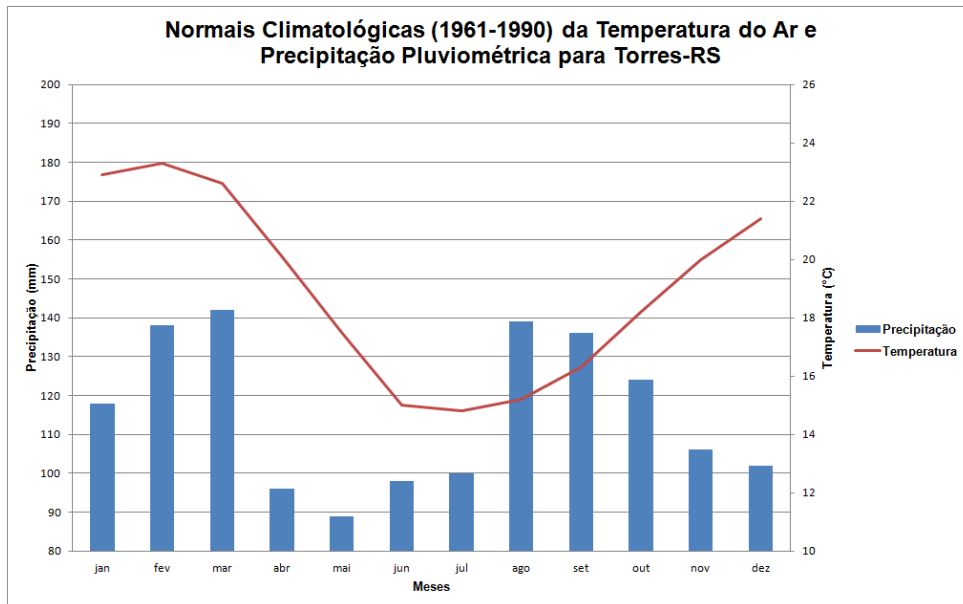


Figura 17: Normais climatológicas (1961-1990) da temperatura do ar e precipitação pluviométrica para Torres-RS.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2013).
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

Sartori (1980) apresenta aspectos relevantes ao clima de todo o Estado. A referida autora constatou que no verão, há uma maior participação de sistemas atmosféricos intertropicais, porém são os extratropicais que ainda dominam caracterizados pela Massa Polar Modificada (MPV), Frente Polar Atlântica (FPA) e Massa Polar Atlântica (MPA).

O outono é caracterizado por ser estação de transição entre o verão e o inverno, verificando-se de imediato a predominância da Massa Polar Atlântica (MPA), devido à aproximação do inverno e intensificação do Anticiclone Polar Atlântico (APA), gerando massas polares mais persistentes, devido aos processos de tropicalização mais demorados (SARTORI, 1980). Nesta estação, a participação dos sistemas intertropicais tem frequência bem menor que a dos extratropicais.

Sobre o inverno do Rio Grande do Sul, em função de uma menor incidência da radiação solar devido ao Sol estar em zênite com o Hemisfério Norte, SARTORI (op. cit, p. 30-31) expõe que:

“A participação de FPA é maior no inverno, permanecendo sobre o estado em mais de 22% dos dias, com aumento dos casos de frentes estacionárias e de ciclogêneses (formação de ciclones frontais), situações atmosféricas responsáveis pelos grandes índices pluviométricos que podem ocorrer no inverno... As Correntes Perturbadas, como Instabilidades Tropicais e Calhas Induzidas,

controlam cerca de 3% dos dias e são responsáveis pelas chuvas e/ou granizo que antecedem a FPA, muitas vezes confundindo-as, sem que se saiba quais as chuvas relacionadas às perturbações pré-frontais e quais as provenientes da passagem de Frente Fria”. (SARTORI, 2003, p. 30-31).

Para a primavera, Sartori (2003; p. 71) menciona que “... os fluxos de origem intertropical tendem a aumentar seu valor de frequência na região pelo enfraquecimento da intensidade dos fluxos polares, motivado pela redução dos gradientes térmicos latitudinais e pelo aquecimento do Hemisfério”.

É devido ao gradativo aquecimento continental na primavera, que a Massa Polar Atlântica perde sua liderança em frequência para a Massa Polar Modificada, pois embora sendo época transicional, como o outono, a participação do ar polar topicalizado é bem maior nesta estação que naquela (SARTORI, 1980).

O padrão de temperatura média do Estado pode ser observado também nos gráficos das figuras 15, 16, 17, 18 e 19, com relação à 3ª Normal Climatológica da temperatura média do ar, onde é possível notar a amplitude térmica anual da temperatura do ar, característica de clima Subtropical com estações do ano bem definidas.

No que se refere às perturbações atmosféricas, Tubelis e Nascimento *et al.* (1937, p. 239), afirmam que no Brasil, as perturbações estão associadas ao deslocamento da Frente Polar, da Convergência Intertropical e da atividade da Massa Polar Marítima. Os referidos autores também salientam que estas perturbações podem ser de norte, leste, sul e oeste.

Tubelis e Nascimento *et al.* (1937, p. 242) afirmam quanto às correntes perturbadas de sul que estas são representadas pela Frente Polar, em consequência das invasões do anticiclone polar. A Frente Polar apresenta orientação noroeste – sudeste, e se desloca de sudeste para nordeste ou leste. Em sua trajetória provoca precipitações frontais, que podem estar associadas a precipitações pré ou pós-frontais.

Sobre os Centros de Ação que dominam sobre o Território Sul-Riograndense, o Anticiclone Migratório Polar (AMP), que se origina por acúmulo de ar frio em latitudes subpolares (60°S) sobre o Oceano Pacífico, possui ar frio e estável, e migra constantemente para o continente, tornando-se o “... principal responsável pela

formação dos tipos de tempo da Região Sul, em virtude da atuação de Massas Polares e da ação das Frentes Frias” (MONTEIRO, 1963, p. 122).

Quanto às frentes, Sartori (1980), chama atenção para uma maior frequência de passagens da Frente Polar Atlântica durante os meses de outono e inverno, enquanto nos meses de verão e primavera esta frequência é reduzida como mostra a figura 18.

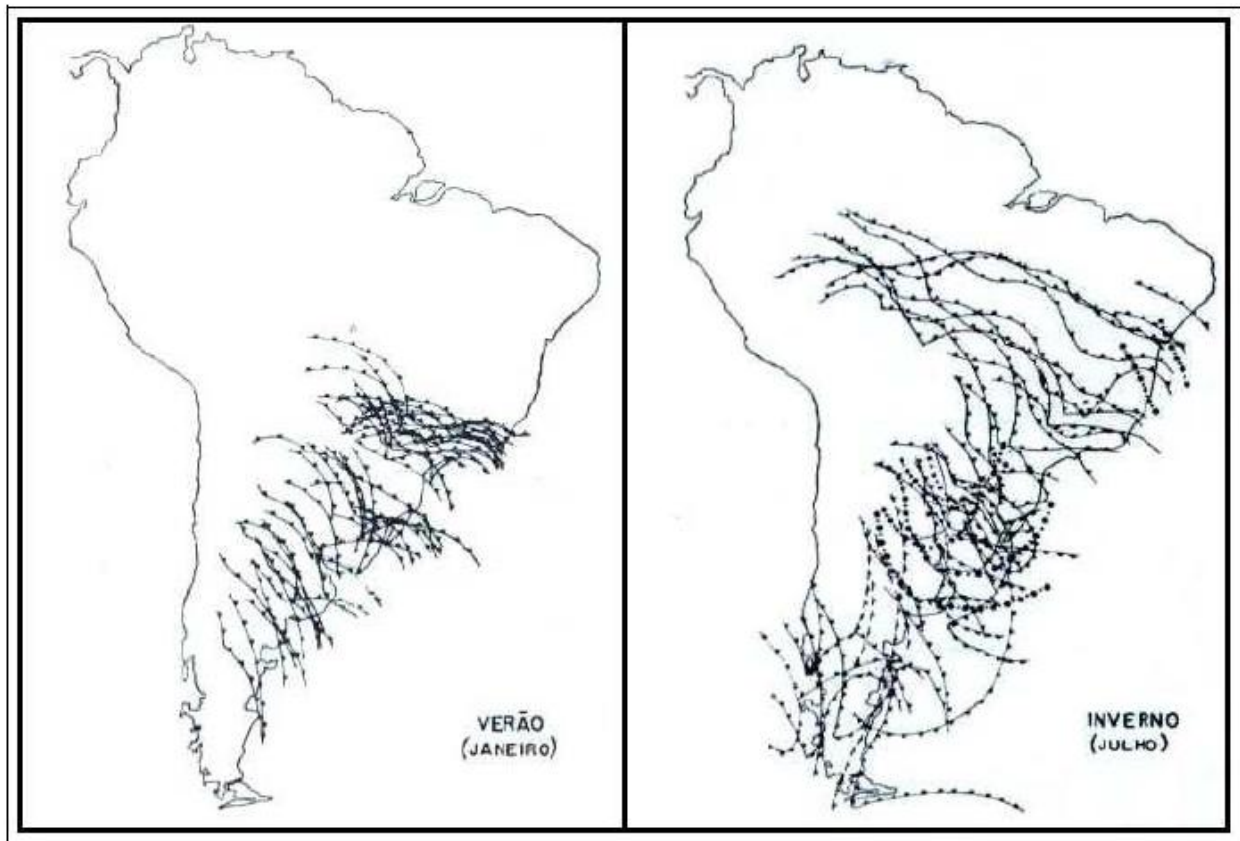


Figura 18: Posição da Frente Polar durante o inverno e o verão na América do Sul.
Fonte: MONTEIRO (1963).

Tubelis e Nascimento *et al.* (1937, p. 246) classificam-nas em: frente fria; frente quente; frente oclusa e frente estacionária. No entanto as frentes frias podem ser subdivididas em frente fria de deslocamento lento e frente fria de deslocamento rápido. Esta subdivisão está apoiada na velocidade de deslocamento da superfície de descontinuidade Tubelis e Nascimento *et al.* (1937, p. 250).

A frente fria de deslocamento lento caracteriza-se pela pequena inclinação da superfície frontal e por possuir largura média de 500km. Já na frente fria de deslocamento rápido verifica-se uma maior inclinação da superfície frontal fazendo com

que o sistema de nuvens se desenvolva em forma de coluna com largura média de 200km.

Estas particularidades determinam a precipitação de grande intensidade junto às frentes frias de deslocamento rápido, acompanhada de intensa trovoadas, provocando aspecto tempestuoso, dado pelas intensas correntes convectivas (Tubelis e Nascimento *et al.* 1937, p. 253).

Deve-se destacar também a atuação, direta ou indireta, dos ciclones frontais no Brasil. Estes ciclones são núcleos em que o ar apresenta circulação ciclônica e que são formados nas superfícies de descontinuidades frontais apresentando estrutura em constante evolução e apenas alguns dias de vida (TUBELIS; NASCIMENTO *et al.* (1937, p. 257).

A atuação dos tempos relacionados a ciclones frontais como o Tempo Frontal Ciclônico de Atuação Direta provocado pela Frente Polar Atlântica com ciclogênese (oclusão) que se encontra mais ou menos sobre a região resultando em chuvas fortes, ventos fortes do quadrante leste, céu totalmente encoberto e pressão atmosférica baixa Sartori (1981, p. 108). Estes são grandes causadores de tempo instável no Estado, ocasionando fortes ventos e sem dúvida auxiliando na determinação do conforto térmico às pessoas expostas a estes efeitos.

No que diz respeito a tais fenômenos meteorológicos e suas participações na circulação atmosférica do Rio Grande do Sul, Sartori (1981), através da análise da atuação dos sistemas atmosféricos na região central do Estado, individualizou os diferentes tipos de tempo a eles associados. A autora identificou três grandes famílias de tipos de tempo: Tempos Anticiclônicos Polares; Tempos Associados a Sistemas Intertropicais; Tempos Associados a Correntes Perturbadas.

Dentre estes tipos de tempo identificados por Sartori (1981), os que mais interessam seriam aqueles cujas características sinóticas levariam a situações de desconforto térmico tanto por frio ou por calor.

Sendo assim, a presente pesquisa baseou-se na análise da dinâmica atmosférica do Rio Grande do Sul desenvolvida por Sartori (1993), que definiu a sucessão do tempo por meio de quatro fases evolutivas, sendo sensivelmente observada a participação da Frente Polar Atlântica (FPA) nos seus diversos tipos de sucessão e domínio. Neste caso, deu-se a sucessão de tempo em:

- ✓ Fase Pré-Frontal - fase com duração de 1 a 3 dias, pode ser caracterizada pelo aquecimento registrado antes da chegada da frente fria, com tipo de tempo muito bem definido por pressão atmosférica em declínio e ventos do quadrante norte (N ou NW).
- ✓ Fase Frontal - fase na qual ocorre a passagem da Frente Polar Atlântica (FPA) sobre o Rio Grande do Sul, impondo-lhe um tipo de tempo característico. Os ventos são variáveis em direção e velocidade, a pressão atmosférica registrada é a mínima dentre as fases que se registram, o céu apresenta-se encoberto e precipitações de maior ou menor intensidade são registradas, podendo as vezes não ocorrer precipitação.
- ✓ Domínio Polar - nesta fase as condições de tempo são impostas pelo domínio da Massa Polar Atlântica (MPA) no Rio Grande do Sul, resultando em grande declínio das temperaturas máximas e mínimas, podendo favorecer, dependendo da força deste sistema extratropical e da estação do ano, a ocorrência de geadas, orvalho, nevoeiro e até mesmo neve nas regiões mais elevadas do Planalto da Bacia do Paraná (Noroeste do Estado).
- ✓ Fase Transacional - é uma fase de "transição" entre o domínio da MPA e a nova fase Pré-Frontal. Caracteriza-se pelo domínio da Massa Polar modificada pelo aquecimento basal sobre latitudes mais baixas (Massa Polar Velha (MPV) ou Tropicalizada) em função do tempo de permanência do ar frio no Sul do Brasil. Em função da superfície continental e da forte insolação facilitada pelo céu limpo, a MPA tem suas características modificadas no interior do continente, aquecendo-se basalmente, resultando em uma massa de ar de origem polar mais quente e seca.

No entanto, a autora salienta para a participação de outros sistemas como a Massa Tropical Continental (MTC) que atua sobre o Estado, principalmente durante o verão, resultante de um aprofundamento da Baixa do Chaco, que eventualmente atinge o Rio Grande do Sul. Há também a participação da Massa Tropical Atlântica (MTA) que também atua sobre o Estado nos meses de primavera e verão, caracterizando um

tempo anticiclônico ao se interiorizar pelo território favorecendo a ocorrência de instabilidades (SARTORI, op. cit.).

Quanto a umidade relativa do ar no referido Estado Sartori (op. cit.) a caracteriza em torno de 70% a 85%, sendo, evidentemente, maior no inverno, bem como o aumento da participação de nevoeiros no Estado entre os meses de maio a outubro. Situações como estas de médias higrométricas altas, são, também, determinantes na determinação das zonas de conforto e desconforto térmico para o Estado.

Ainda, ao se trabalhar com a caracterização climática de determinado recorte espacial, um dos principais elementos climáticos a serem analisados são os ventos, justamente por serem, dentre os referidos elementos, os que mais possuem ação sobre o cotidiano, seja pela estimulação vasomotora dada à fricção com nossa pele, podendo definir situação de conforto e desconforto térmico, seja pelos efeitos destrutivos sobre a infraestrutura geral do espaço geográfico, mas que em termos gerais, não são levados em conta nos estudos de caracterização climática do Estado do Rio Grande do Sul (WOLLMANN, 2011).

Sobre o estudo da direção e velocidade dos ventos no Rio Grande do Sul, a figura 19 mostra de forma geral a dinâmica sazonal e diária dos ventos no Estado onde na Campanha e Serras do centro e nordeste do Estado, as velocidades do vento se intensificam durante o período noturno, amenizando-se pela manhã, especialmente no verão e no outono.

O regime anual de ventos na área de estudo apresenta variação ligada aos anticiclones (Anticiclone Tropical Atlântico e Anticiclone Migratório Polar) e suas respectivas massas de ar em sua constante dinâmica. Conforme relata a SEMC (2002, p. 12):

“No escoamento atmosférico sobre o Rio Grande do Sul prevalecem efeitos ditados pela dinâmica entre o anticiclone subtropical Atlântico, os intermitentes deslocamentos de massas polares e a depressão barométrica do nordeste da Argentina. O anticiclone subtropical Atlântico... resulta no predomínio de ventos de leste-nordeste...”

Nas serras do Planalto da Bacia do Paraná os ventos tendem a ser mais fracos durante os meses de verão e no início da noite. Ao longo do litoral, por fim, observa-se a atuação da brisa marítima durante o período diurno, especialmente na primavera e verão. Já as menores velocidades dos ventos são registradas à noite e no inverno, em decorrência da amplitude térmica anual (WOLLMANN, 2011).

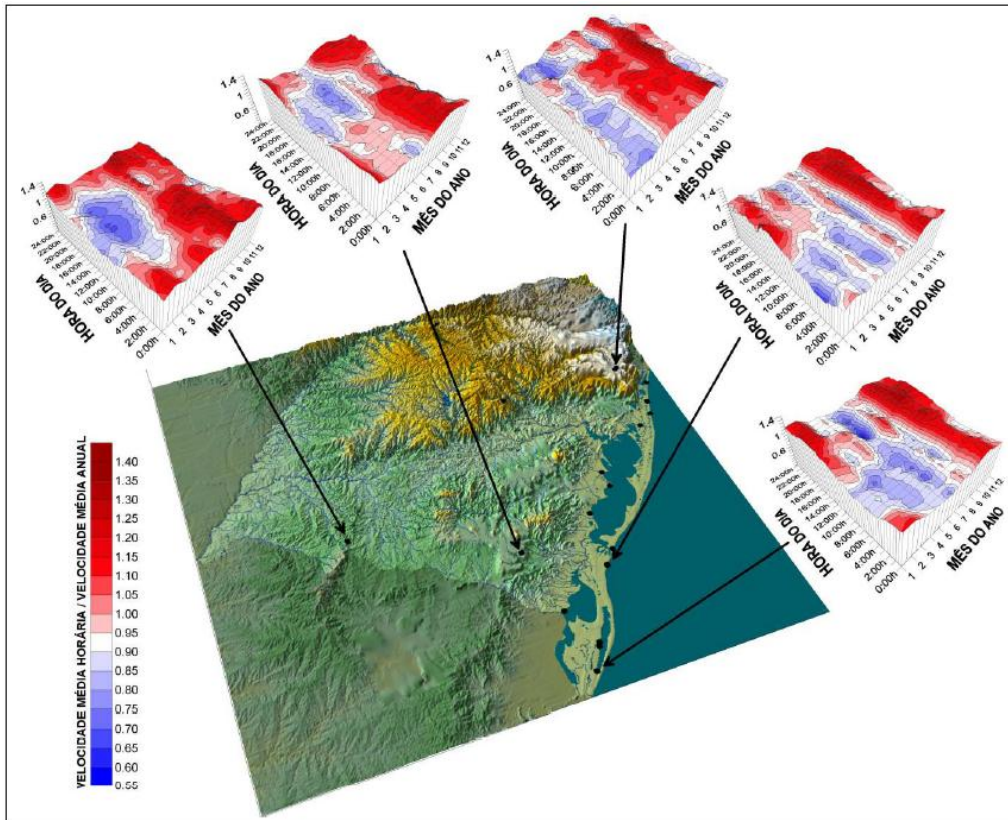


Figura 19: Regimes diurnos e mensais de ventos nas diversas regiões do Rio Grande do Sul. Fonte: Atlas Eólico do Rio Grande do Sul (SEMC, 2002).

5. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS

O presente capítulo tratará dos métodos e técnicas utilizados nesta pesquisa para a obtenção dos resultados. Dividiu-se esta etapa em 3 passos, a fim de se explicar melhor a metodologia utilizada.

O item 5.1 refere-se à obtenção e à análise dos dados meteorológicos, os quais formam a base para a definição dos valores de Temperatura Efetiva com Vento (TEv) desta pesquisa. O item 5.2 abordará os métodos utilizados para a realização do zoneamento do conforto para a série de 30 anos. Já o item 5.3 tratará do zoneamento do conforto para os anos-padrão, enquanto o item 5.4 irá tratar do estudo do conforto térmico quanto à dinâmica climática regional. O zoneamento final e a regionalização climática do Estado serão abordados no item 5.5.

5.1 Da Obtenção e análise dos dados meteorológicos

Para a realização desta pesquisa foram utilizados dados meteorológicos referentes à temperatura do ar, à umidade relativa do ar e à velocidade do vento, para uma série de tempo de 30 anos, correspondentes aos anos compreendidos entre 1981 e 2010.

Os dados utilizados foram coletados de 23 redes de estações meteorológicas, sendo estas de responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A localização geográfica dos postos de coleta utilizados pode ser verificada no mapa da figura 20.

É necessário esclarecer que 100% dos dados utilizados se originavam das estações do INMET, porém algumas estações meteorológicas foram excluídas da série de dados utilizados, em virtude das extensas falhas em seus bancos de dados, como foi o caso de Camacuã, Itaqui, Alegrete, São Gabriel e Santa Rosa.

O quadro 2 mostra as estações meteorológicas utilizadas para a construção do banco de dados desta pesquisa.

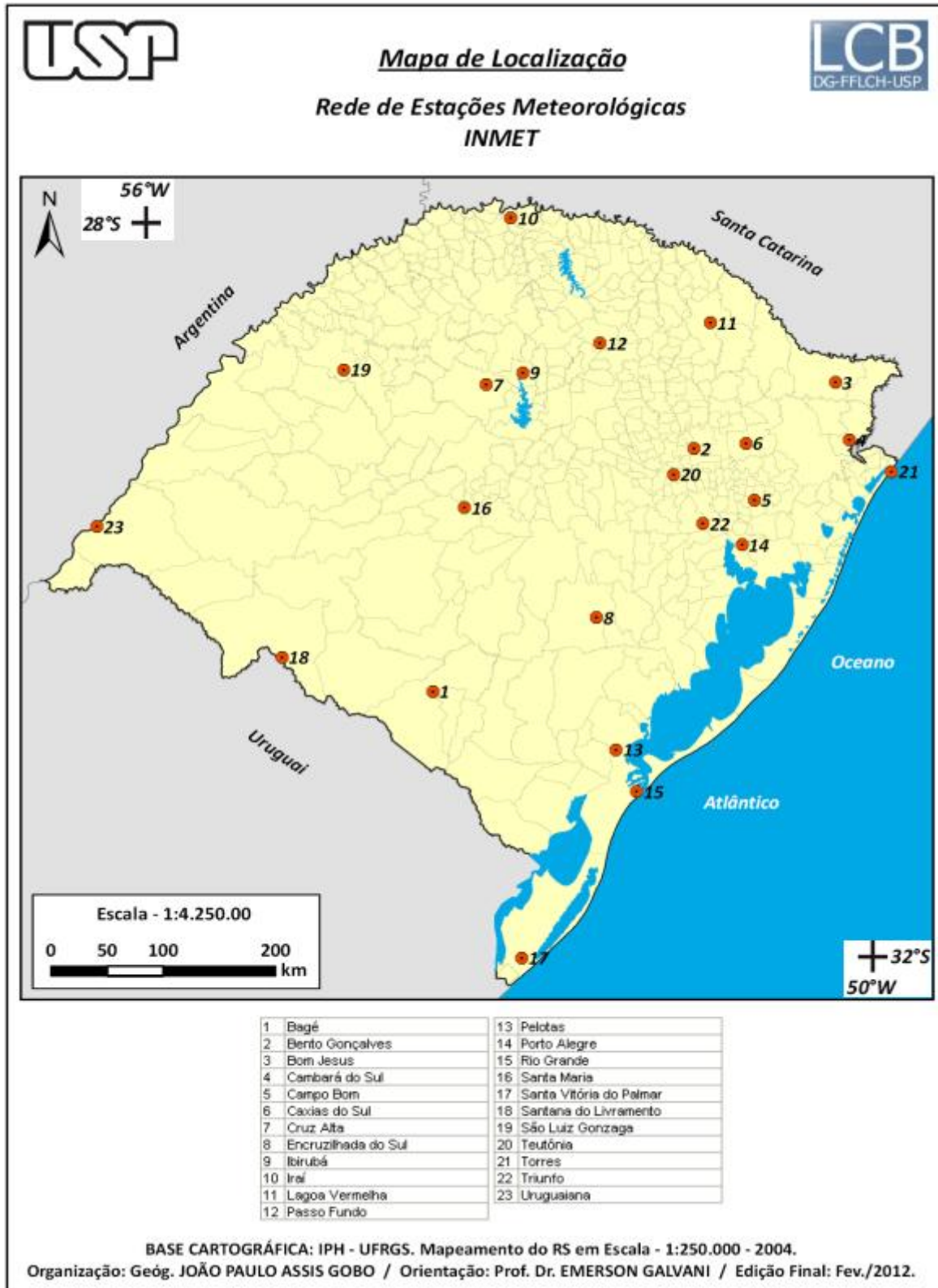


Figura 20: Mapa de localização da rede de estações meteorológicas do INMET utilizadas na pesquisa
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2011)
Org.: GOBO. J. P. A. (2013)

Quadro 2 – Localização das Estações Meteorológicas do INMET.

Estações Meteorológicas	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Série	Fonte
Bagé	31°20'S	54°06'W	242,31m	1981 - 2010	INMET
Bento Gonçalves	29°09'S	51°31'W	640m	1981 - 2010	INMET
Bom Jesus	28°40'S	50°26'W	1047,5m	1981 - 2010	INMET
Cambará do Sul	29°03'S	50°08'W	905m	1998 - 2010	INMET
Campo Bom	29°41'S	51°03'W	25,8m	1990 - 2010	INMET
Caxias do Sul	29°10'S	51°12'W	759,6m	1981 - 2010	INMET
Cruz Alta	28°38'S	53°36'W	472,5m	1981 - 2010	INMET
Encruzilhada do Sul	30°32'S	52°31'W	427,75m	1981 - 2010	INMET
Ibirubá	28°39'S	53°07'W	394,7m	1981 - 2010	INMET
Iraí	27°11'S	53°14'W	247,1m	1981 - 2010	INMET
Lagoa Vermelha	28°13'S	51°30'W	840m	1981 - 2010	INMET
Passo Fundo	28°13'S	52°24'W	684,05m	1981 - 2010	INMET
Pelotas	31°47'S	52°25'W	13m	1981 - 2010	INMET
Porto Alegre	30°03'S	51°10'W	46,97m	1981 - 2010	INMET
Rio Grande	32°02'S	52°06'W	2,46m	1981 - 2010	INMET
Santa Maria	29°42'S	53°42'W	95,00m	1981 - 2010	INMET
Santa Vitória do Palmar	33°31'S	53°21'W	24,01m	1981 - 2010	INMET
S. do Livramento	30°50'S	55°36'W	328m	1981 - 2010	INMET
São Luiz Gonzaga	28°24'S	55°01'W	245,11m	1981 - 2010	INMET
Teotônia	29°27'S	51°48'W	63,22m	1998 - 2010	INMET
Torres	29°21'S	49°43'W	4,66m	1981 - 2010	INMET
Triunfo	29°52'S	51°23'W	42,5m	1981 - 2010	INMET
Uruguaiana	29°45'S	57°05'W	62,31m	1981 - 2010	INMET

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2011)
Org.: Gobo, J. P. A. (2013)

Os dados obtidos referiam-se às médias diárias da série de 30 anos para cada estação meteorológica. Eles foram organizados em planilhas referentes a cada ponto de coleta utilizado e submetidos aos cálculos de média mensal e sazonal dos elementos climáticos para cada ano da série, a partir do Software *Microsoft Office Excel 2007*, com o recurso *Tabela Dinâmica*.

A figura 21 mostra o exemplo das planilhas trabalhadas para a obtenção das médias mensal e sazonal de cada elemento climático da série de 30 anos. No caso,

utilizou-se a planilha dos dados de temperatura do ar para a estação meteorológica de Porto Alegre.

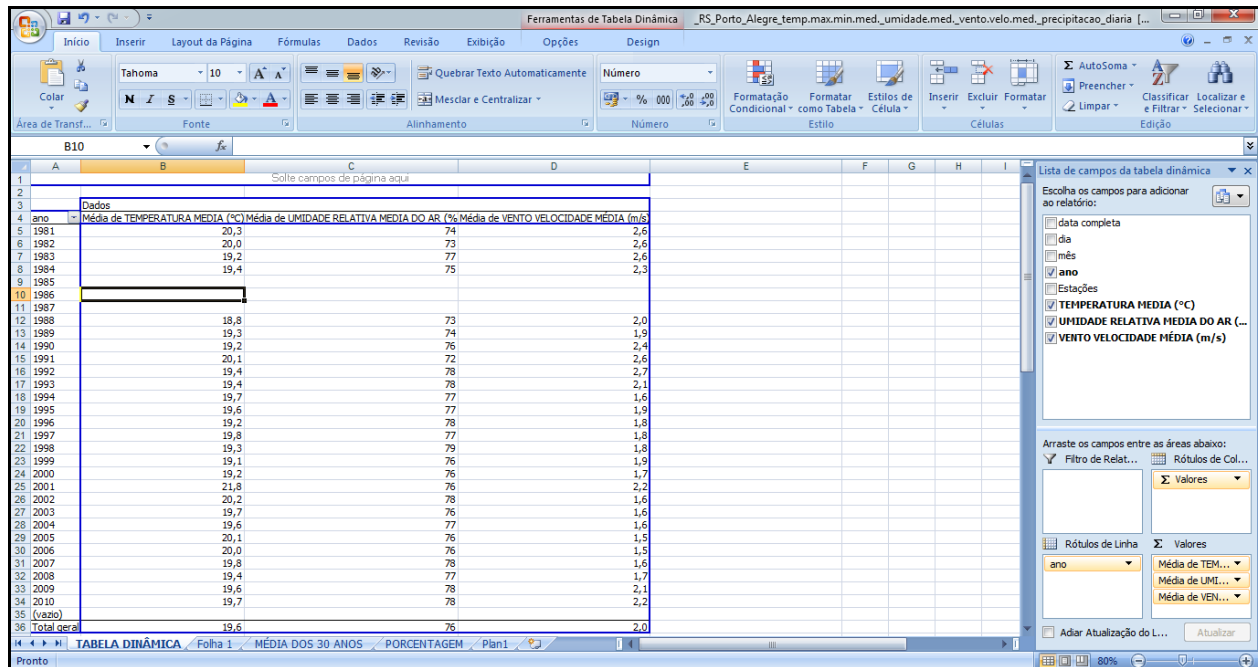


Figura 21: Exemplo de planilha utilizada para manipulação dos dados médios mensais e sazonais dos elementos do clima utilizados nesta pesquisa
Org.: GOBO. J. P. A. (2013)

Após a obtenção das médias mensais e sazonais de temperatura do ar, de umidade relativa do ar e de velocidade do vento, elas compuseram uma nova planilha para cada estação meteorológica, em que os dados médios dos elementos climáticos utilizados foram dispostos com a finalidade de ser submetidos aos cálculos do Índice de Temperatura Efetiva com Vento (SUPING *et. al.*, 1992) e Índice de Temperatura Resultante (MISSENARD, 1948).

Calcularam-se os índices TE_v para os meses de outono e de inverno de cada ano da série de 30 anos e para cada uma das 23 estações meteorológicas, a partir dos dados das médias sazonais de temperatura do ar, de umidade relativa do ar e de velocidade do vento, com uso da seguinte fórmula:

$$TE_v = 37 - \frac{(37 - T)}{\left[0,68 - 0,0014RH + \frac{1}{1,76 + 1,4v^{0,75}}\right]} - 0,29T\left(1 - \frac{RH}{100}\right)$$

Onde:

- ✓ T é a temperatura do ar em °C
- ✓ RH é a umidade relativa em %
- ✓ v é a velocidade do vento em m/s (medida a 10 metros de altura)
- ✓ TEv é a temperatura efetiva em função do vento em °C.

A seguir, a figura 22 mostra um exemplo da planilha utilizada para a obtenção do índice TEv relacionado a cada estação do ano por estação meteorológica. No exemplo usado, trata-se do índice da estação de Bagé para a estação de verão.

	A	B	C	D	E	F
	Ano	Temperatura	Umidade	Vento (Vel.)	0,75	TEV
3	1981	23,1	71	3,5	2,5	17,0
4	1982	22,3	63	3,7	2,7	15,6
5	1983	23,1	71	3,3	2,4	17,1
6	1984	24,3	71	3,1	2,4	18,7
7	1985	22,8	62	2,7	2,1	16,8
8	1986	24,2	60	3,2	2,4	18,0
9	1987	23,3	66	3,1	2,3	17,3
10	1988	22,7	68	2,9	2,2	16,8
11	1989	24,7	58	3,2	2,4	18,5
12	1990	24,4	65	3,2	2,4	18,5
13	1991	22,6	65	2,7	2,1	16,8
14	1992	23,2	73	2,9	2,2	17,6
15	1993	22,8	66	2,8	2,2	17,0
16	1994	22,1	65	3,3	2,4	15,7
17	1995	23,7	59	3,0	2,3	17,6
18	1996	23,1	61	3,3	2,5	16,7
19	1997	23,8	64	3,5	2,5	17,5
20	1998	22,0	72	3,5	2,6	15,7
21	1999	22,3	63	3,2	2,4	15,9
22	2000	22,8	52	3,2	2,4	16,2
23	2001	23,2	76	3,2	2,4	17,4
24	2002	21,7	73	3,2	2,4	15,5
25	2003	23,1	74	3,3	2,5	17,1
26	2004	21,8	72	3,7	2,7	15,2
27	2005	23,4	66	3,5	2,5	17,1
28	2006	23,2	65	3,3	2,5	16,9
29	2007	22,5	71	3,2	2,4	16,4
30	2008	22,6	69	3,4	2,5	16,3
31	2009	22,3	71	3,2	2,4	16,1
32	2010	23,1	73	3,0	2,3	17,4

Figura 22: Exemplo de planilha utilizada para o cálculo do índice TEv dados médios anuais para cada estação do ano por estação meteorológica
 Org.: GOBO. J. P. A. (2013)

Para os meses de primavera e verão calculou-se o índice de Temperatura Resultante (MISSENARD, 1948) para cada ano da série de 30 anos, para cada uma das 23 estações meteorológicas a partir dos dados das médias sazonais de temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento, com uso da seguinte fórmula:

$$TR = T_s - 0,4 (T_s - 10) (1 - UR / 100)$$

TR é a temperatura resultante (°C)

Ts é a temperatura do ar (bulbo seco) (°C)

UR é a umidade relativa do ar (%)

Após esse procedimento, já com os dados sazonais de TEv e TR disponíveis para cada ano da série de 30 anos e para cada estação meteorológica, elaborou-se uma planilha contendo todas as informações de cada estação meteorológica, referentes a verão, outono, inverno e primavera, nos anos da série.

A figura 23 mostra, como exemplo, a planilha das médias de verão de cada ano da série para todas as 23 estações meteorológicas utilizadas na pesquisa e, em seguida, reunidos em uma mesma planilha, estão os valores médios sazonais de TEv para cada estação meteorológica (Figura 24).

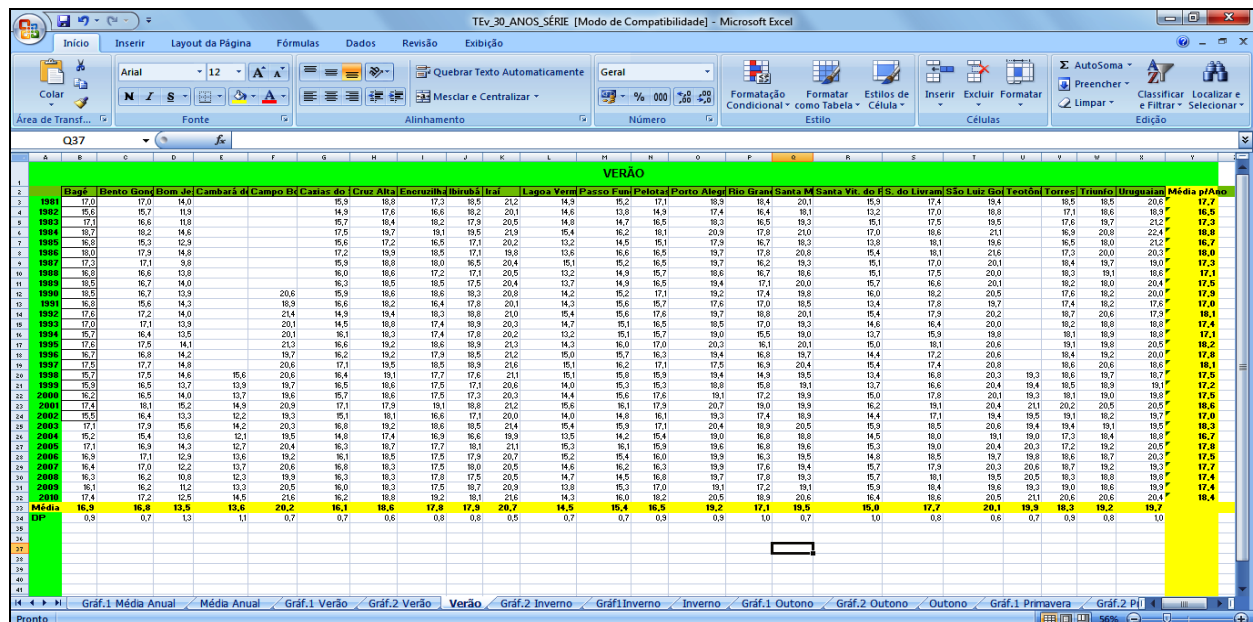


Figura 23: Exemplo de planilha utilizada para o cálculo médio sazonal do índice TR de todos os anos da série de todas as estações meteorológicas
Org.: GOBO. J. P. A. (2013)

Por fim, os valores das médias sazonais e os valores médios anuais da série de 30 anos, referentes a cada uma das 23 estações meteorológicas foram reunidos em uma tabela com as coordenadas geográficas em UTM (Universal Transversa de Mercator) para, assim, ser plotados no Software ARCGIS Free 3.2.

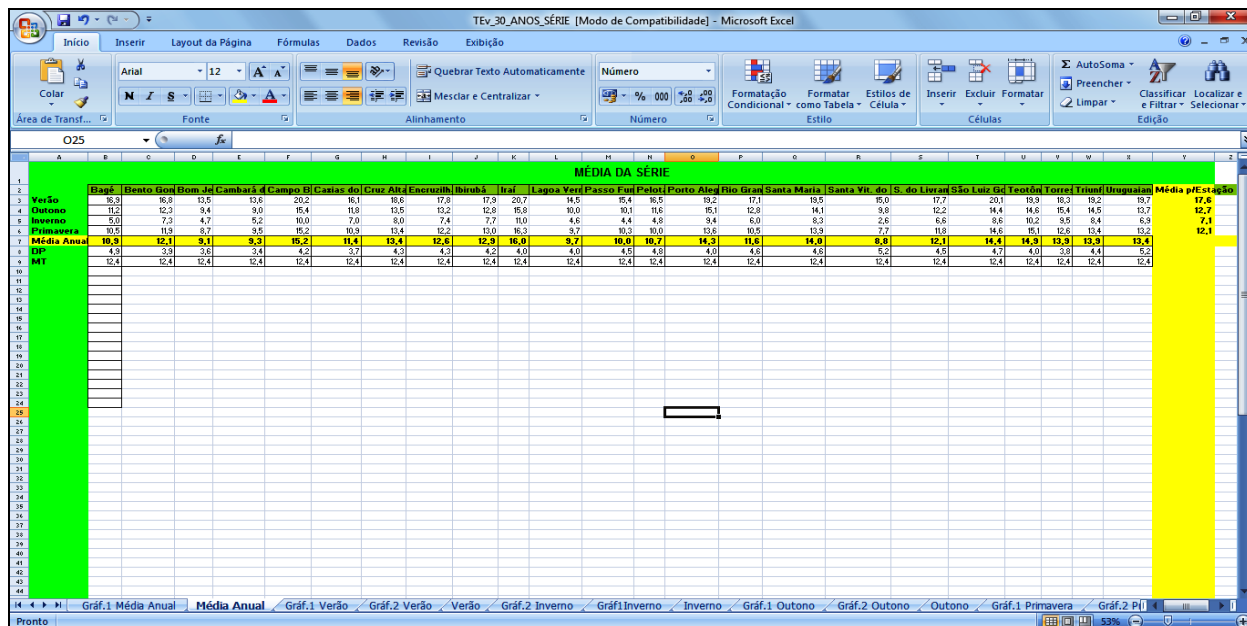


Figura 24: Exemplo de planilha utilizada para o cálculo médio sazonal do índice TEv e TR de todos os anos da série de todas as estações meteorológicas
Org.: GOBO. J. P. A. (2013)

5.2 Zoneamento do conforto térmico para a série de 30 anos (1981-2010)

Após a organização do banco de dados e da obtenção dos índices TEv, para todos os outonos e invernos da série, e dos índices TR para todas as primaveras e verões bem como para a série toda de 30 anos, o material coletado foi direcionado para digitalização e construção dos vetores (vetorização), polígonos e linhas. Para isso, utilizou-se o aplicativo Surfer 9.1 e posterior exportação para o software ARCGIS 3.2 (Figura 25).

Depois de editados os polígonos e salvos em formato DWG, estes foram exportados para o formato DXF, o qual pode ser aberto e editado no pacote ArcCatalog, do ARCGIS. Nessa ferramenta, abriram-se os dados DXF, transformados em Shapefile – SHP (extensão do programa).

Depois da alteração dos arquivos em Shapefile (SHP), construiu-se o banco de dados referente a todos os arquivos que compõem a série de análise para cada ponto. Desenvolveram-se, na interface do programa, as tabelas de valores, ou seja, deu-se a construção do banco de dados TEv propriamente dito, no qual se digitalizaram os valores referentes ao índice TEv de cada polígono (Figura 26) e de TR para cada polígono.

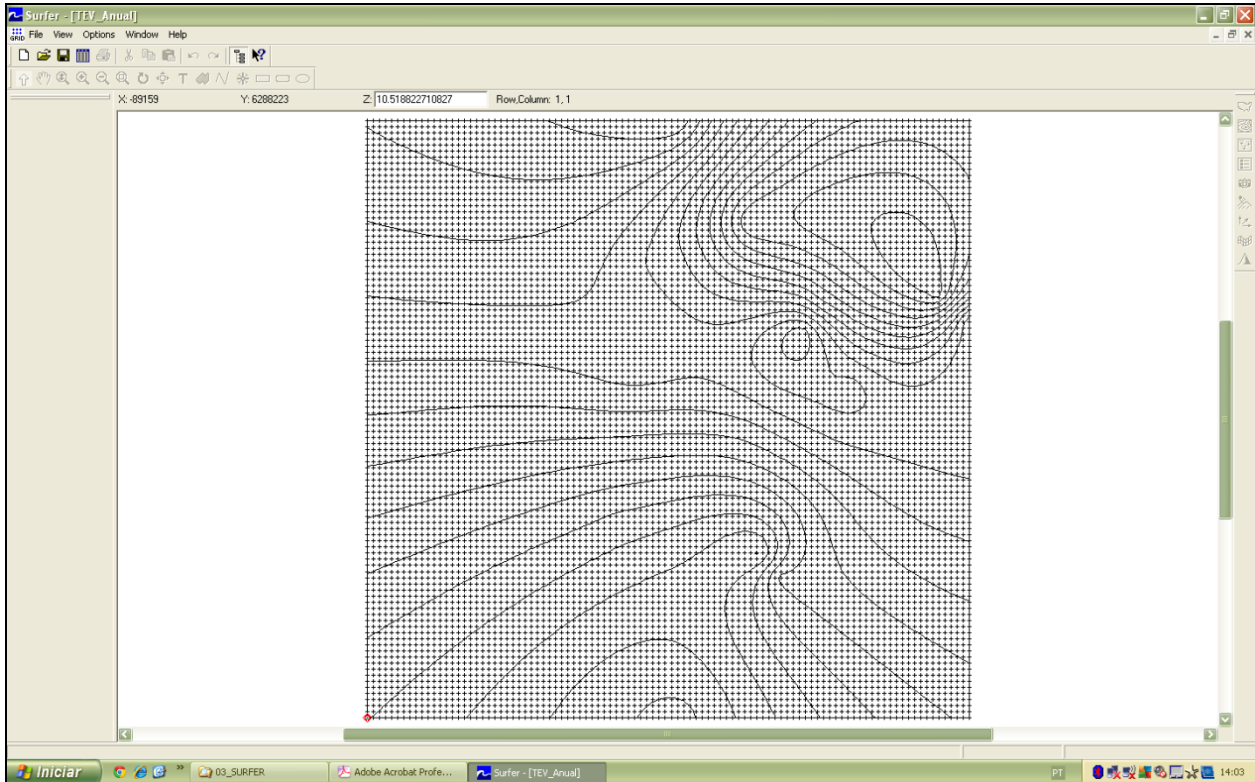


Figura 25: Ambiente de trabalho Surfer – Ajuste de escalas do mapa, georreferenciamento, vetorização e construção dos polígonos para os dados TEv e TR
Org.: GOBO. J. P. A. (2013).

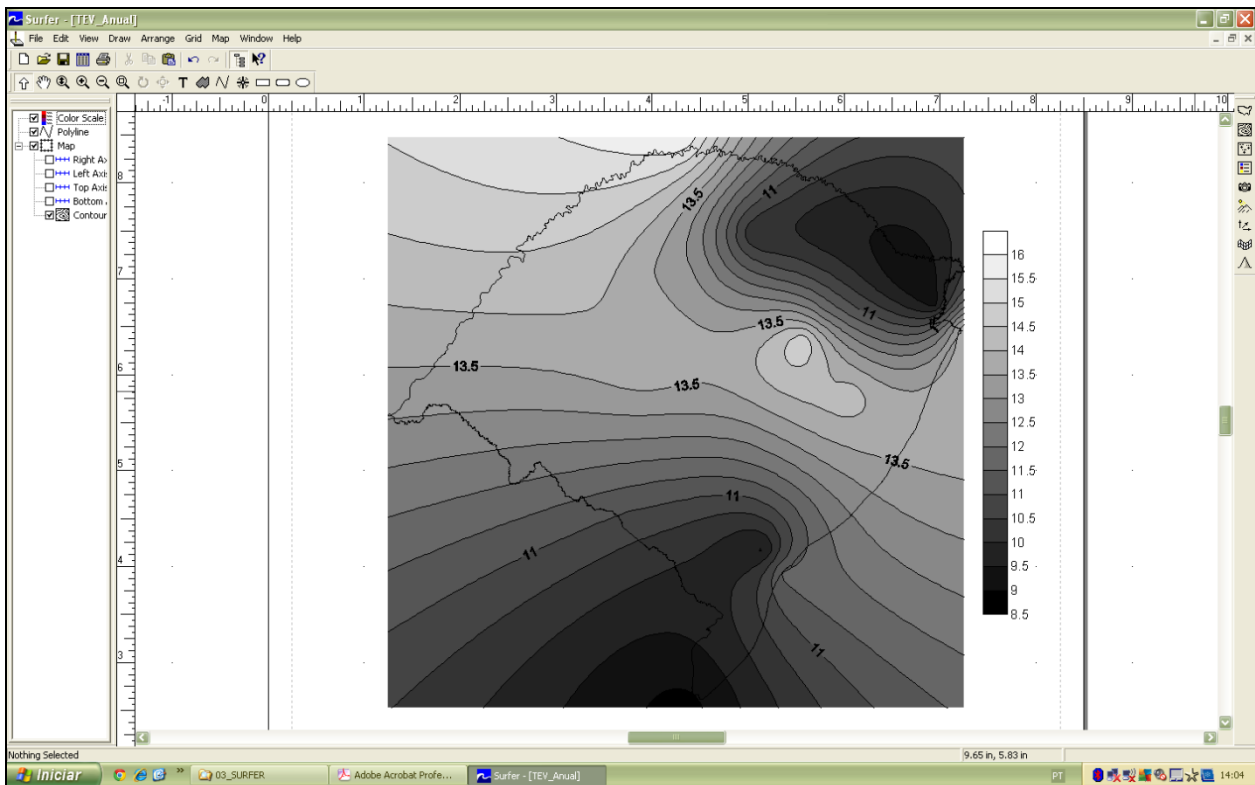


Figura 26: Ambiente de trabalho Surfer – Atribuição dos valores de TEv aos polígonos
Org.: GOBO. J. P. A. (2013).

Em virtude de o Rio Grande do Sul não possuir uma classificação das zonas de conforto térmico adequadas aos padrões climáticos do Estado, a presente pesquisa utilizou-se da Classificação Térmica desenvolvida por Maia e Gonçalves (2002) para espaços urbanos abertos na cidade de São Paulo, com base nas condições de conforto térmico estabelecido por FANGER (1972).

Os referidos autores da pesquisa propuseram uma comparação entre diferentes índices de conforto térmico e o índice TEv. A partir daí, com uma distribuição da frequência dos tipos de tempo durante o ano de 1999 em São Paulo, estabeleceram as zonas de conforto propostas a seguir, no Quadro 3.

Assim, a Quadro 3 apresenta as faixas para interpretação dos valores médios de conforto térmico e que foram utilizados no zoneamento do conforto térmico para o Rio Grande do Sul, a partir do Índice de Temperatura Efetiva com Vento (SUPING *et. al.* 1992).

Quadro 3 - Classes de conforto térmico adaptadas à pesquisa

Tev (Cº)	Sensação Térmica	Grau de Estresse Fisiológico
<13	Muito Frio	Estremo Estresse ao Frio
13 - 16	Frio	Tiritar
16 - 19	Frio Moderado	Ligeiro Resfriamento do Corpo
19 - 22	Ligeiramente Frio	Vasoconstrição
22 - 25	Confortável	Neutralidade Térmica
25 - 28	Ligeiramente Quente	Ligeiro Suor e Vasodilatação
28 - 31	Quente Moderado	Suando
31 - 34	Quente	Suor em Profusão
>34	Muito Quente	Falha na Termorregulação

Fonte: Maia e Gonçalves (2002).

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

Na etapa seguinte, os arquivos foram exportados para o ARCGIS, em que se atribuíram as classes Interpretativas para a Sensação Térmica, desenvolvidas por Maia e Gonçalves (2002) para espaços urbanos abertos na cidade de São Paulo (figura 27).

Por fim, fez-se a edição final dos mapas, no software ARCGIS 3.2, o qual possui uma interface e apresentação final clara e objetiva, o que pode ser verificado na figura 28.

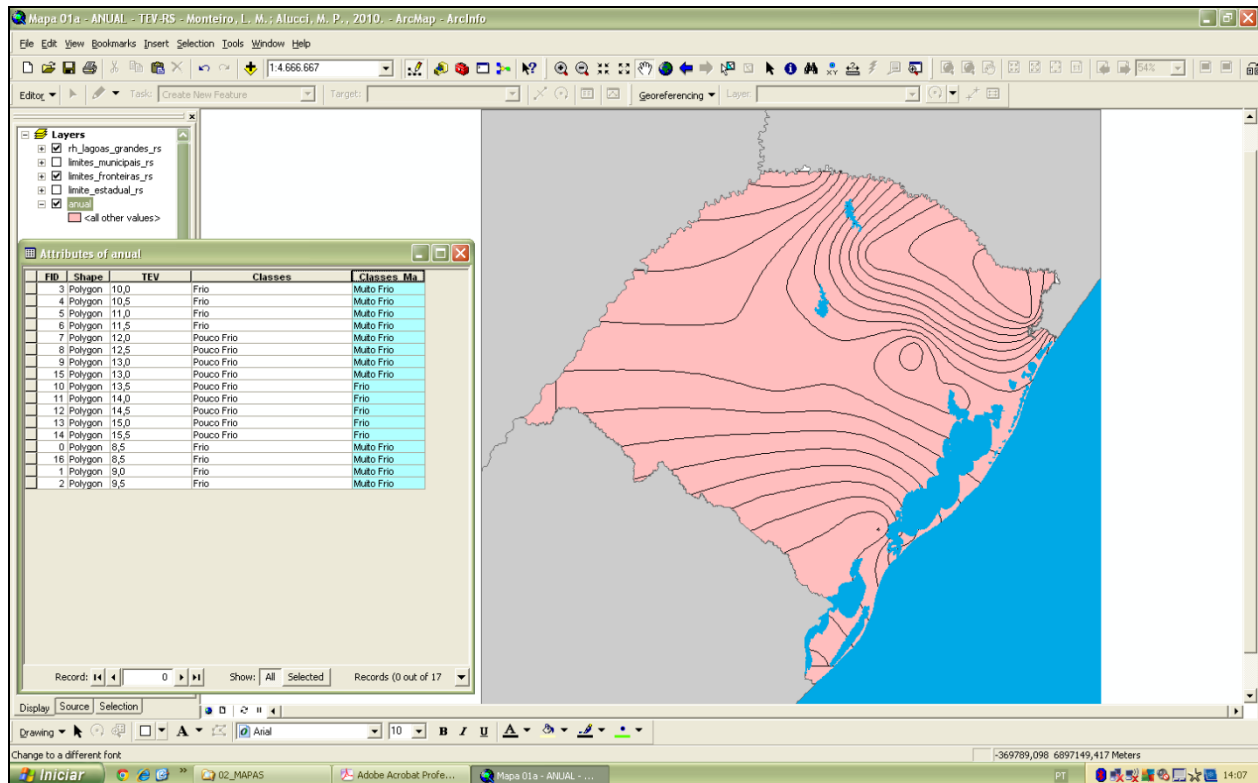


Figura 27: Construção – Exportação para o ARCGIS e construção do banco de dados.
Org.: GOBO. J. P. A. (2013).

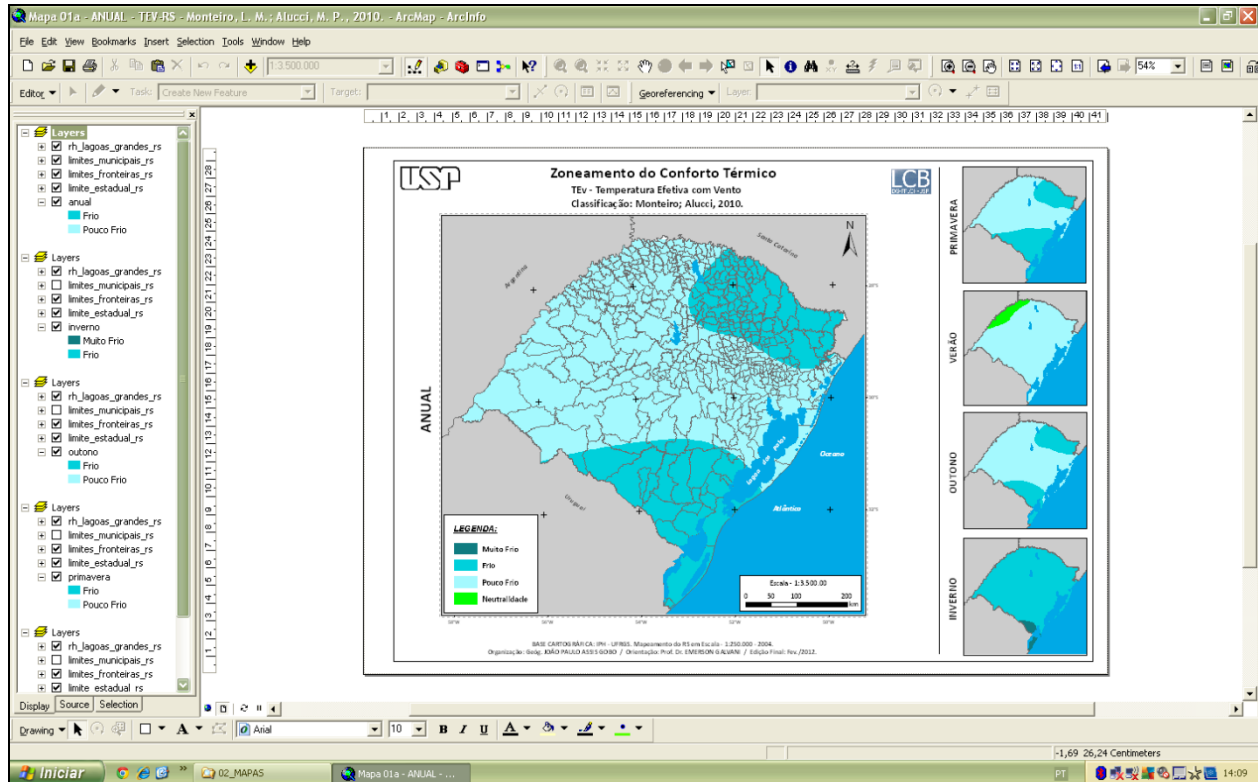


Figura 28: Edição cartográfica final.
Org.: GOBO. J. P. A. (2013).

5.3 Zoneamento do conforto térmico para os anos-padrão (2002, 2004 e 2007)

Para o desenvolvimento desta etapa da pesquisa, fez-se um resgate metodológico para a seleção de anos-padrão em relação à dinâmica atmosférica regional do Rio Grande do Sul, firmando-se principalmente nos trabalhos de Monteiro (1963, 1969 e 1971), Sartori (1979, 1980, 1981, 1993, 2000 e 2003) e Wollmann (2011).

Foram trabalhados os dados mensais e anuais das 23 estações meteorológicas estudadas (Quadro 2) da rede de estações do INMET, sendo consultados os dados de pluviometria mensal e anual, do período entre janeiro de 1981 a dezembro de 2010, totalizando 30 anos de dados analisados para se selecionarem os anos tidos como habitual, mais chuvoso e menos chuvoso do ponto de vista da circulação atmosférica regional (TAVARES, 1976; MONTEIRO, 1971; SARTORI, 1993).

Tendo em vista que grande parte das pesquisas se utiliza de análises qualitativas e/ou quantitativas de precipitação, como critério de escolha de períodos-padrão anual, a eleição de anos-padrão pelo comportamento médio mensal da temperatura do ar, critério proposto por Funari (2006), verificou-se válida, mas limitante, haja vista que somente pela análise estatística bidimensional dos valores médios mensais da temperatura do ar só é possível eleger anos que apresentam comportamento próximo ao da normal histórica, ou seja, anos habituais.

Portanto, a escolha de anos-padrão vem ser um procedimento adotado no emprego da análise rítmica, técnica proposta por Monteiro (1969, 1971, 2000), a qual se torna subsídio metodológico e técnico na investigação geográfica dos tipos de tempo, em sua sucessão habitual e extrema, condição que configura o ritmo climático. Assim, segundo o conceito de clima proposto por Sorre (1951), com a noção de ritmo climático, a chuva é o elemento climático de maior variação interanual, refletindo de maneira mais adequada a noção de ritmo, em que há “o encadeamento, sucessivo e contínuo, dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno dos mesmos estados” (MONTEIRO, 1976: 30).

De posse dos dados pluviométricos mensais do período, foi calculada a média de precipitação para o Rio Grande do Sul para a série de 30 anos de dados. Dessa

forma, foram construídos os gráficos de variação anual das chuvas, com a finalidade de se escolherem os três anos representativos de uma circulação atmosférica que resultasse em situações habituais, mais chuvosas e menos chuvosas, dando-se preferência para anos mais recentes, devido à maior disponibilidade de séries completas de dados em todas as estações meteorológicas (Figura 29).

Sartori (1993) explica que para o Rio Grande do Sul não se pode falar em ano seco, pois as chuvas são distribuídas regularmente ao longo do ano, e, mesmo quando há uma baixa significativa dos totais pluviométricos, não se pode considerar como ano-padrão seco, visto que o volume total das chuvas ainda é superior ao índice que caracteriza aridez climática (NIMER, 1977), recebendo, portanto, o nome de ano-padrão menos chuvoso.

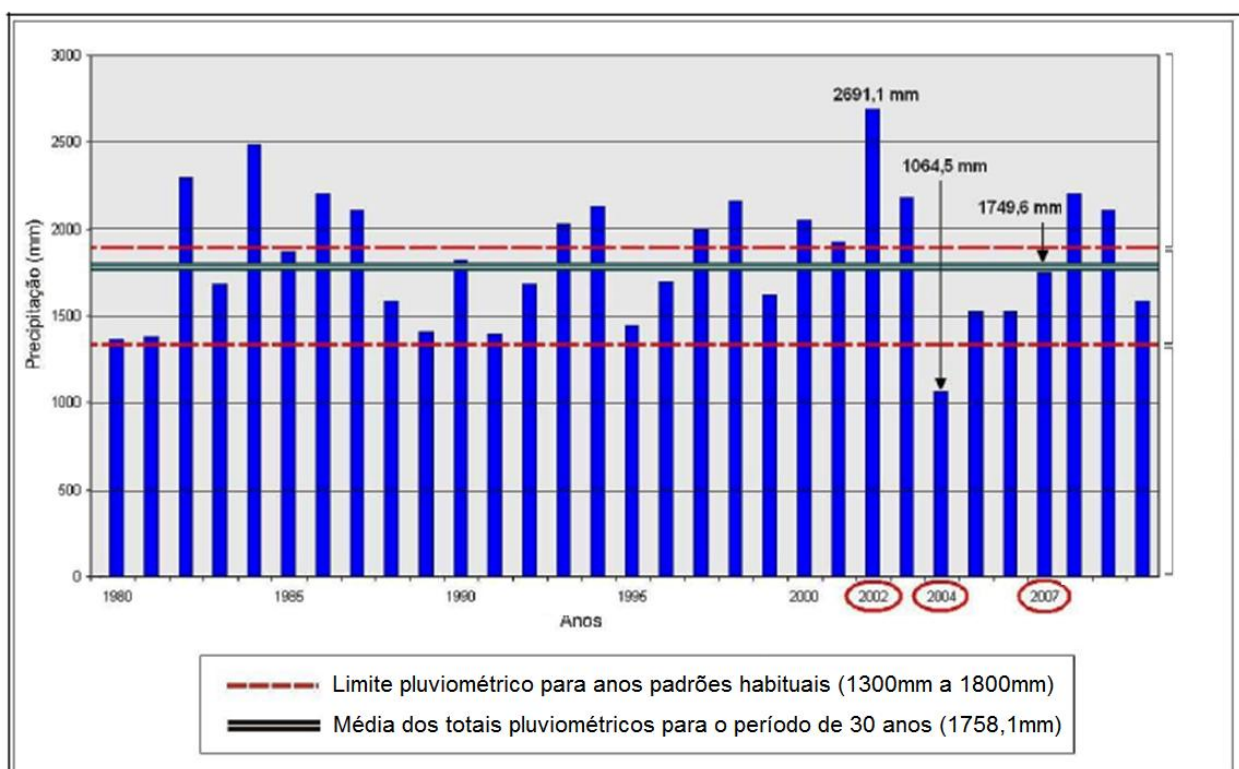


Figura 29: Distribuição anual da precipitação pluviométrica para o estado do Rio Grande do Sul na série de 30 anos (1981-2010) das 23 Estações Meteorológicas Estudadas
Org.: GOBO. J. P. A. (2013)

Seguindo esse preceito, foi caracterizado como ano-padrão habitual para o Rio Grande do Sul os anos nos quais os totais pluviométricos registrados encontravam-se no intervalo de 1300mm a 1800mm anuais, os mais chuvosos com índices superiores a

1800mm e os anos-padrão menos chuvosos aqueles de totais anuais de precipitação inferiores a 1300mm (RUOSO, et. al., 2006).

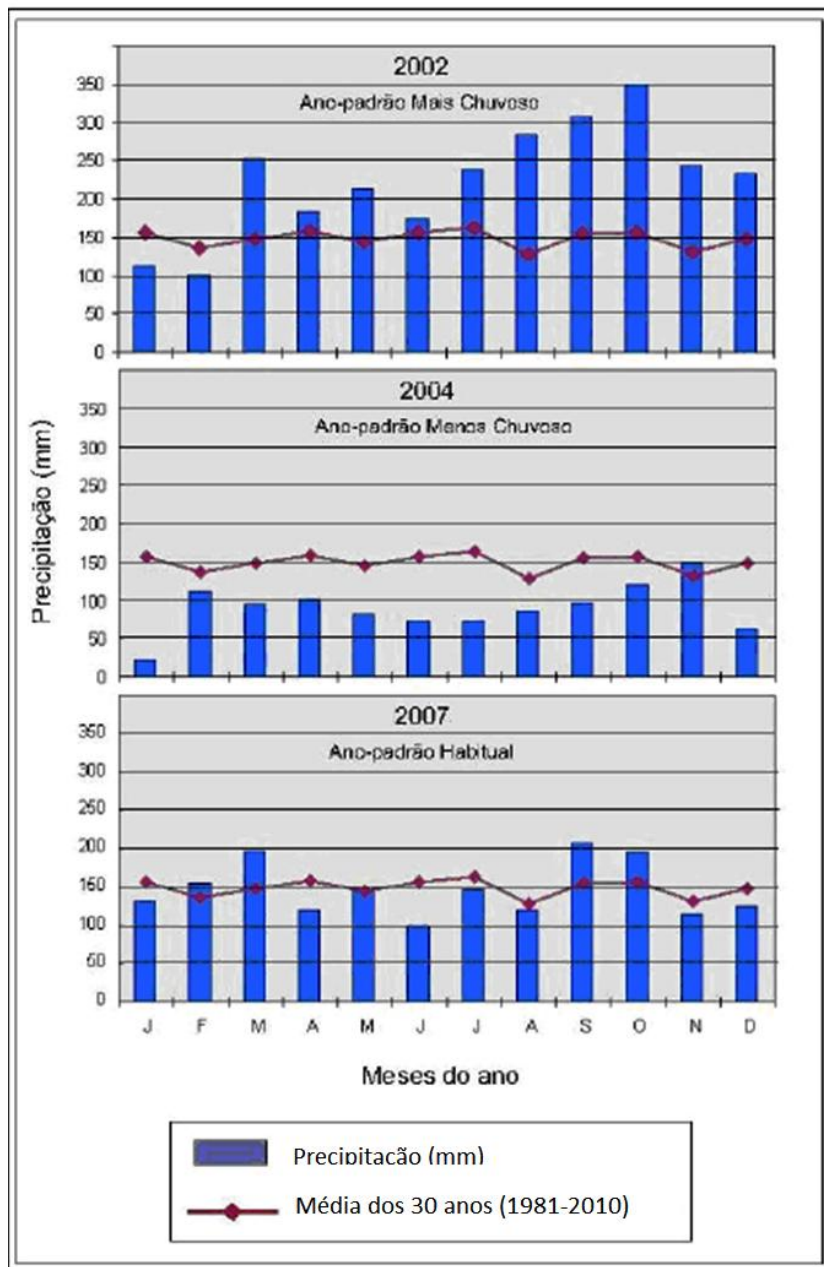


Figura 30: Pluviometria mensal em 2002, 2004 e 2007.
Org.: GOBO. J. P. A. (2013).

Assim, o ano representativo como habitual entre a série histórica citada foi o de 2007, com total pluviométrico de 1749,6mm, registrando praticamente o mesmo valor apresentado pela média da série de 30 anos, que foi de 1758,1mm. O ano mais chuvoso selecionado foi o de 2002, sendo um ano caracterizado pela influência do

fenômeno El Niño e o mais chuvoso da série de 30 anos, registrando 2591,1mm. Como ano-padrão menos chuvoso destacou-se o ano de 2004, com totais pluviométricos de 1064,5mm, caracterizando-se como o ano menos chuvoso da série analisada (Figura 30).

Deu-se início, então, à organização dos dados referentes aos 3 anos-padrão selecionados. Selecionou-se um mês representativo de cada estação do ano para ser estudado, determinando-se, assim, janeiro como o mês representativo do verão, abril como mês representativo do outono, julho como o do inverno e outubro como o da primavera.

Foram organizadas tabelas com o auxílio do Software *Microsoft Office Excel 2007*, nas quais se calcularam os índices TEv (C°) para os meses representativos de primavera e verão e os índices TR (C°) para os meses representativos de outono e inverno para cada um dos três anos-padrão selecionados (2002, 2004 e 2007) (Figura 31 e 32).

Após a confecção das tabelas, deu-se início à produção dos mapas representativos de cada uma das estações do ano (primavera, verão, outono e inverno) para cada um dos três anos-padrão selecionados (habitual, mais chuvoso e menos chuvoso).

	Temperatura	Umidade	Vento (Vel.)	A _{0,75}	TEV	
3	17,8	79	3,1	2,3	10,9	
4	18,0	81	1,7	1,5	13,1	
5	15,7	83	3,5	2,6	7,8	
6	15,6	88	1,6	1,5	10,3	
7	20,3	84	1,3	1,2	16,5	
8	17,4	81	1,2	1,1	13,4	
9	19,2	77	1,6	1,5	14,4	
10	18,1	81	1,3	1,2	14,0	
11	19,1	82	2,2	1,8	13,6	
12	20,4	82	1,1	1,1	16,9	
13	17,3	81	3,1	2,3	10,3	
14	18,1	77	3,3	2,4	11,1	
15	18,7	85	3,0	2,3	12,2	
16	20,7	80	1,3	1,2	16,8	
17	19,6	81	2,3	1,9	14,0	
18	19,7	82	1,5	1,3	15,3	
19	17,9	82	3,6	2,6	10,6	
20	17,4	85	1,1	1,1	13,7	
21	São Luiz Gonzaga	20,7	76	2,6	2,0	15,0
22	Teotônia	20,3	82	1,1	1,1	16,7
23	Torres	21,0	84	2,1	1,8	16,0
24	Triunfo	20,3	87	2,0	1,7	15,4
25	Uruguaiana	19,2	83	2,1	1,8	13,8

Figura 31: Planilha dos dados de TEv para o meses representativos de outono e inverno dos três anos-padrão.

Org.: GOBO. J. P. A. (2013).

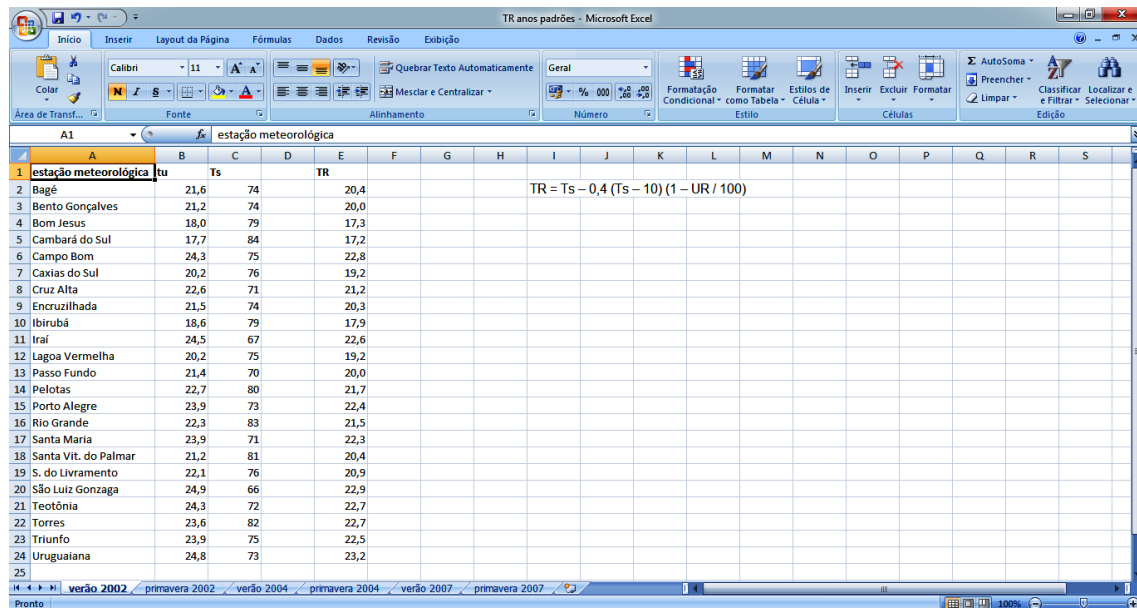


Figura 32: Planilha dos dados de TR para o meses representativos de primavera e verão dos três anos-padrão.
Org.: GOBO. J. P. A. (2013).

Para a realização dessa etapa da pesquisa adotaram-se os mesmos procedimentos utilizados na etapa 5.2, na qual foram criados os vetores (vetorização), polígonos e linhas, com o auxílio do aplicativo Surfer 9.1, posteriormente exportados para o software ARCGIS 3.2, no qual se atribuíram as classes Interpretativas para a Sensação Térmica, desenvolvidas por Maia e Gonçalves (2002). Deu-se a seguir a edição final dos mapas.

5.4 Do estudo do conforto térmico quanto à dinâmica climática regional

Foi o grande paradigma da Climatologia Geográfica, o Ritmo Climático, o responsável pelo desenvolvimento da proposta de investigação da dinâmica atmosférica regional, em face do zoneamento do conforto térmico humano para o Rio Grande do Sul.

Em virtude de o zoneamento aplicado nesta pesquisa basear-se nas médias dos elementos climáticos, podendo assim mascarar a realidade de muitas áreas, optou-se por uma análise pelo menos diária do clima (ritmo climático), podendo-se, assim, se evidenciar as reais condições climáticas.

Optou-se, então, pela estação meteorológica de Santa Maria para se desenvolver a análise da dinâmica atmosférica regional e da relação desta com as

situações de conforto e desconforto térmico, registradas no Rio Grande do Sul durante os meses de verão, outono, inverno e primavera dos três anos- padrão, selecionados como habitual (2007), mais chuvoso (2002) e menos chuvoso (2004).

A opção por Santa Maria deu-se pelo fato de esse município estar localizado no centro geográfico do Rio Grande do Sul (Figura 20, ponto 16), e, segundo Sartori (1980), a posição de Santa Maria é privilegiada para os estudos climáticos no estado, uma vez que, estando no centro deste, tem condições de refletir o comportamento da circulação atmosférica regional. A autora ressalva que alguns setores do estado podem sofrer efeitos um pouco maiores de sistemas intertropicais, em determinadas épocas do ano; porém, de modo geral os estudos realizados em Santa Maria refletem bem as características climáticas regionais.

Nesse sentido, investigou-se a circulação atmosférica regional, através da análise da participação dos sistemas atmosféricos no Rio Grande do Sul nos meses representativos de verão, outono, inverno e primavera, correspondendo, respectivamente, aos meses de janeiro, abril, julho e outubro durante os anos de 2002, 2004 e 2007.

Desse modo, foram utilizados dados de temperatura, umidade relativa do ar, pluviometria, pressão atmosférica e direção do vento obtidos a partir da estação meteorológica de Santa Maria, sob responsabilidade do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INMET).

De posse dos dados climáticos, foram construídos os gráficos de Análise Rítmica, com o auxílio do software RITMOANÁLISE (BORSATO, BORSATO, SOUSA, 2004), conforme representado na Figura 33. Ao final resultaram 12 gráficos de análise da circulação atmosférica regional, sendo quatro gráficos para cada ano.

Atenta-se para o fato de que foram realizadas investigações apenas em relação aos sistemas atmosféricos (massas de ar e sistemas produtores de chuva) envolvidos, identificando-os com o auxílio de cartas sinóticas e imagens de satélite. São eles:

- ✓ Massa Polar Atlântica (MPA)
- ✓ Massa Polar Velha (MPV)
- ✓ Massa Tropical Atlântica (MTA)
- ✓ Massa Tropical Continental (MTC)
- ✓ Frente Polar Atlântica (FPA)

- ✓ Frente Estacionária (FE)
- ✓ Frente Quente (FQ)
- ✓ Ciclogênese (C)

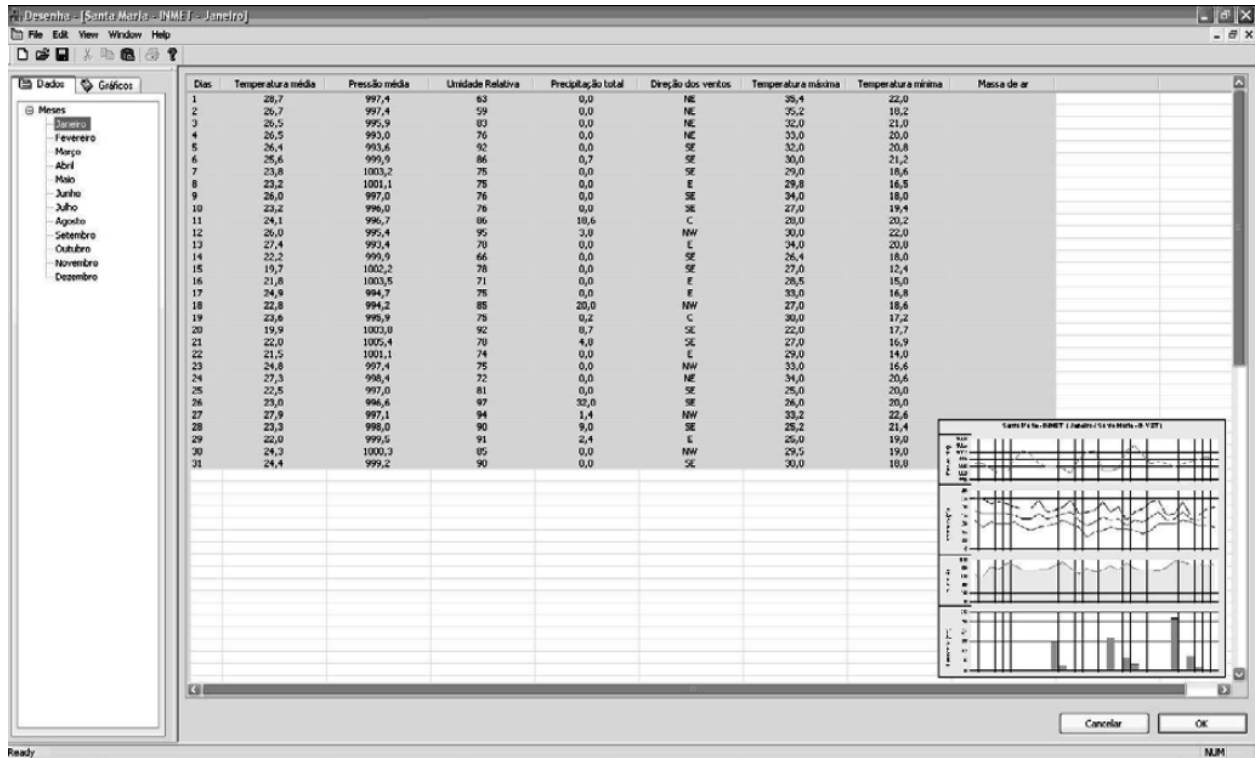


Figura 33: Ambiente de trabalho do Software Ritmoanálise.
Org.: GOBO. J. P. A. (2013).

Por fim discutiu-se o percentual de participação dos sistemas atmosféricos na definição das diferentes classes de conforto atuantes no Rio Grande do Sul.

5.5 Zoneamento final e regionalização climática do Rio Grande do Sul

Para realizar o zoneamento final do conforto térmico para o Rio Grande do Sul, foram utilizados os mapas do zoneamento médio dos 30 anos da série (1981 - 2010), bem como o zoneamento sazonal da série de 30 anos (primavera, verão, outono e inverno) (Figura 34).

Para uma melhor análise do zoneamento do conforto térmico sazonal no Rio Grande do Sul, optou-se por realizar uma sobreposição individual para cada estação do ano. Assim, se sobrepuseram os mapas correspondentes aos verões dos anos-

padrão mais o verão da série de 30 anos, repetindo-se esse procedimento com os mapas referentes ao outono, ao inverno e à primavera (Figura 35).

Para a realização da sobreposição final dos mapas, utilizou-se o comando Overlay do SIG ArcGis, totalizando o cruzamento dos dados de todos os mapas, sendo estes o de zoneamento final da série de 30 anos, os de zoneamento sazonal dos três anos-padrão (2002, 2004 e 2007) correspondendo à primavera, ao verão, outono e inverno de cada um dos três anos-padrão, para se alcançar o resultado final de zoneamento (Figura 36). Por fim, fez-se a edição final do mapa.

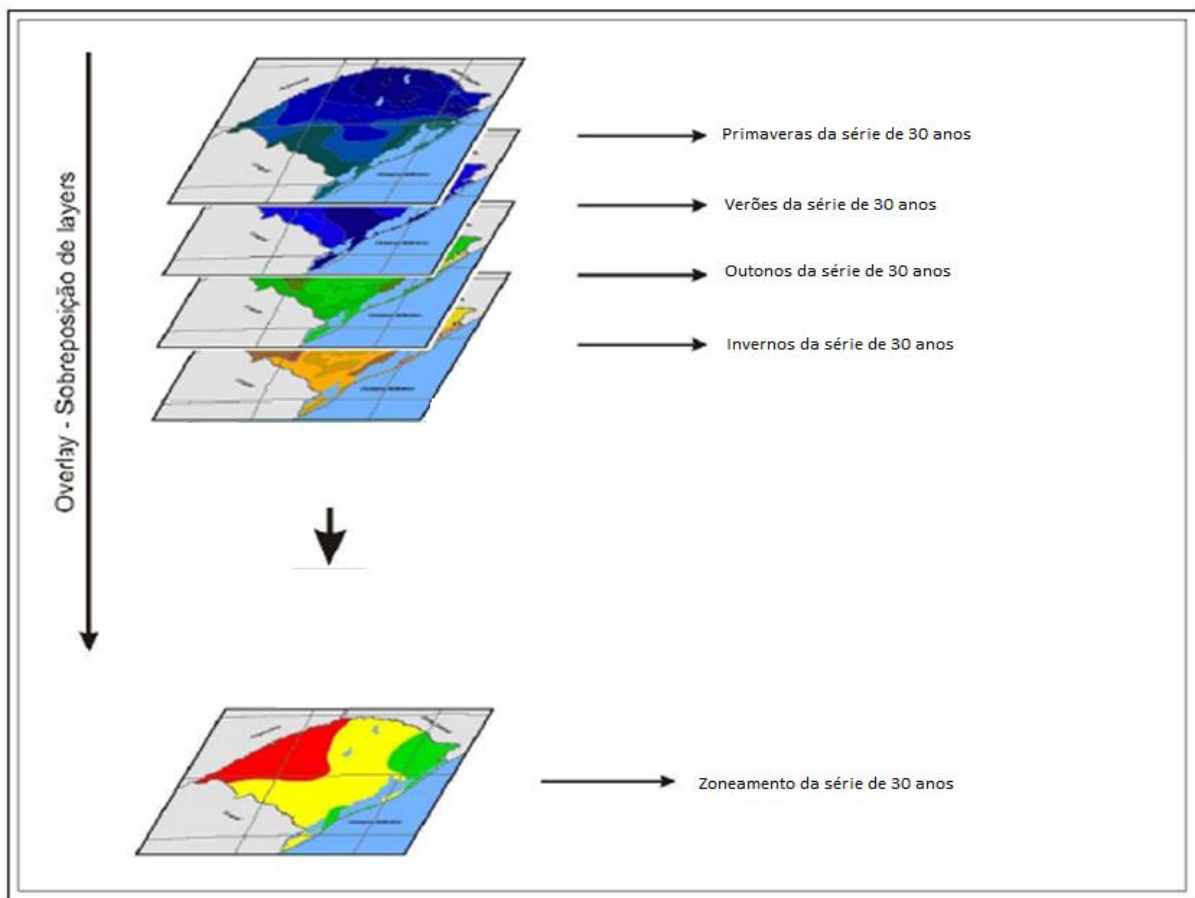


Figura 34: Sobreposição de Layer (mapas) para obtenção do zoneamento do conforto térmico para a série de 30 anos de dados.
Org.: GOBO. J. P. A. (2013).

Para a regionalização do conforto térmico no Rio Grande do Sul, adotou-se uma técnica de extrapolação dos dados obtidos em função de suas respectivas classes, ou seja, os valores resultantes do zoneamento final foram distribuídos de acordo com o intervalo de classes utilizado para definição das faixas de conforto.

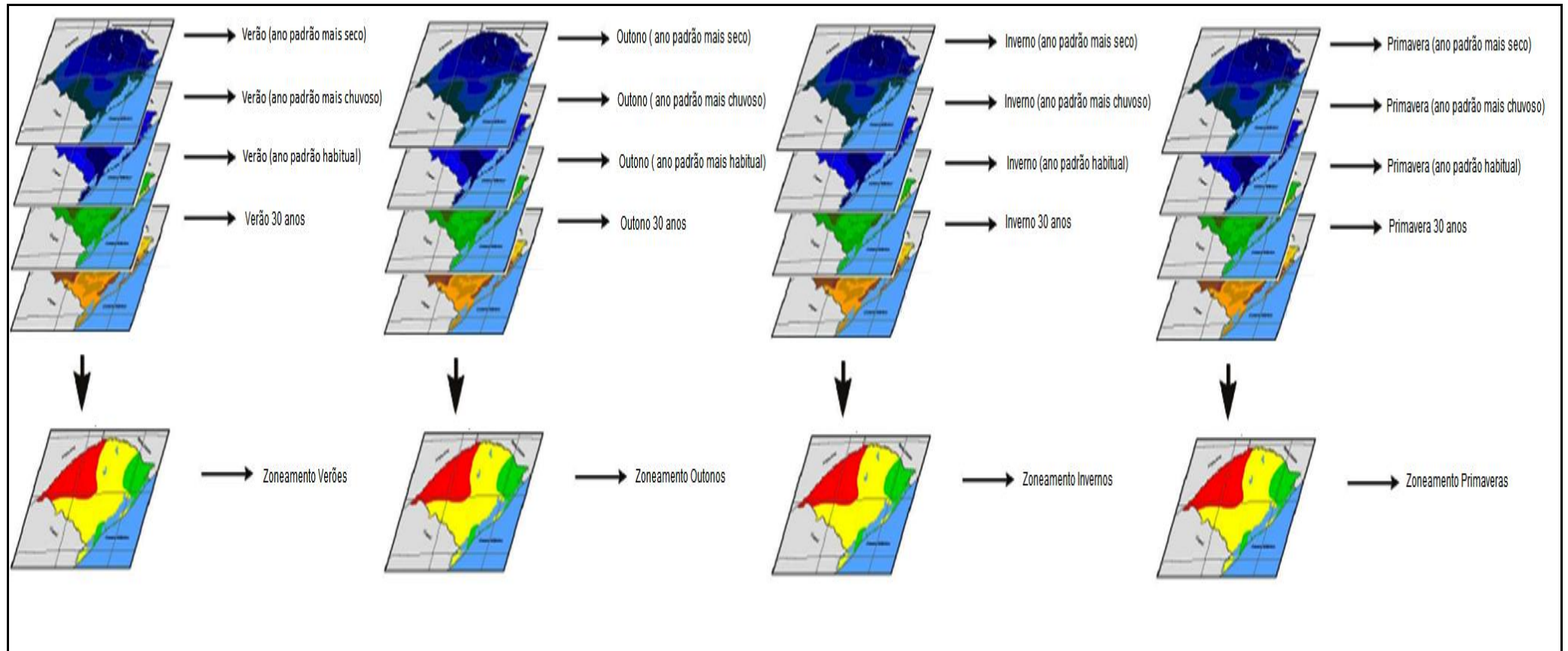


Figura 35: Sobreposição de *Layer* (mapas) para obtenção do zoneamento do conforto térmico sazonal para o Rio Grande do Sul.

Org.: GOBO. J. P. A. (2013).

Assim, o menor valor representado no mapa de zoneamento final ficou sendo o valor mínimo da classe estabelecida, correspondendo à faixa de sensação térmica de Muito Frio, enquanto o valor máximo obtido no zoneamento final passou a corresponder à faixa de sensação térmica de Muito Quente, sendo os demais valores distribuídos de acordo com as demais faixas de sensação térmica, dando origem ao mapa de regionalização climática do Rio Grande do Sul, com base no zoneamento do conforto térmico humano.

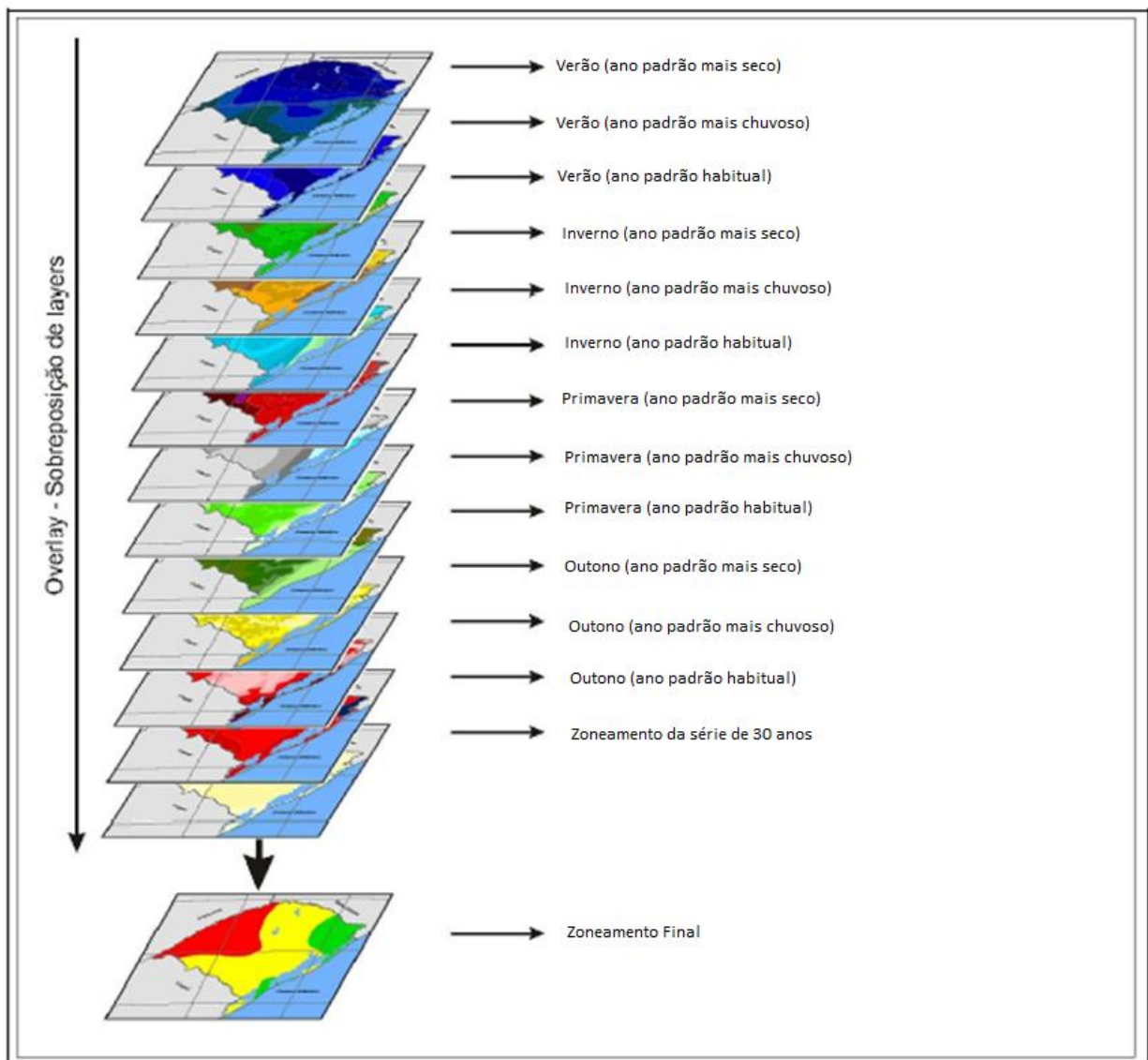


Figura 36: Sobreposição de *Layer* (mapas) para obtenção do zoneamento final do conforto térmico para o Rio Grande do Sul.
Org.: GOBO. J. P. A. (2013).

Adotou-se esse procedimento em face dos resultados observados na análise da dinâmica atmosférica regional, os quais evidenciaram a possibilidade de ocorrência de extremos de desconforto térmico; tanto tendentes para o frio como para o calor,

mostraram os extremos de temperatura máxima e mínima nessas estações, comparando-se os dois episódios (verão e inverno).

Por fim, foi elaborado um mapa síntese da regionalização climática da área de estudo (mapa da macrorregionalização climática), o qual compreende os valores obtidos na regionalização climática do Rio Grande do Sul, com base no zoneamento final, agrupados em apenas três classes: "Desconforto por Frio" (com todos os valores de TEv e TR abaixo do limite inferior da zona de conforto), "Confortável" (com valores de TEv e TR dentro da zona de conforto) e "Desconforto por Calor" (compreendendo todos os valores de TEv e TR acima do limite superior à zona de conforto).

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Conforme relatado na metodologia desta pesquisa, os procedimentos metodológicos foram divididos de acordo com as especificidades a serem alcançadas em cada um dos objetivos propostos. Do mesmo modo, este capítulo está dividido com a finalidade de explicar melhor os resultados encontrados.

O item 6.1 refere-se ao zoneamento médio e sazonal do conforto térmico para a série de 30 anos de dados meteorológicos referentes à temperatura do ar, à umidade relativa do ar e à velocidade do vento, coletados de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) bem como à espacialização desse zoneamento.

O item 6.2 aborda o zoneamento do conforto térmico para os anos-padrão selecionados (2002, 2004 e 2007), representativos de condições pluviométricas normais, supra e infranormais.

O item 6.3 faz uma análise da dinâmica atmosférica e sua relação com as situações de conforto e desconforto térmico encontradas no Rio Grande do Sul, através da proposta de inserção da técnica de Análise Rítmica.

Por fim, o item 6.4 apresenta os resultados para a regionalização climática do Rio Grande do Sul, com base no zoneamento do conforto térmico final.

6.1 Zoneamento do Conforto Térmico Para a Série de 30 Anos

Esta etapa da pesquisa consistiu na interpretação dos mapas de zoneamento do conforto térmico para o Rio Grande do Sul, representativo da média dos resultados do Índice de Temperatura Efetiva com Vento (TEv) para os meses de outono e inverno e do Índice de Temperatura Resultante (TR) para os meses de primavera e verão dos 30 anos analisados, bem como da média dos resultados de TEv e TR de todas as quatro estações do ano (verão, outono, inverno e primavera). Assim, esta primeira parte trata do zoneamento dos dados médios de TEv e TR para o Rio Grande do Sul da série completa de 30 anos.

A partir dos dados de temperatura média anual, de umidade relativa média anual e de velocidade do vento média anual das 23 estações meteorológicas, executou-se o cálculo do TEv e de TR médio anual, referente à série de 30 anos de dados analisados, sendo atribuído o cálculo de TEv à média dos dados correspondentes às estações de

outono e inverno, enquanto o cálculo de TR foi aplicado à média dos dados correspondentes aos meses de primavera verão, o que resultou no mapa da Figura 37 que se refere à espacialização do conforto térmico no território do Estado.

De acordo com o mapa da Figura 39, o Rio Grande do Sul não apresenta nenhuma zona de conforto (neutralidade) para a série de 30 anos. A maior parte do Estado está inserida na faixa de sensação térmica de "Frio", homogeneizando praticamente todo o interior do estado.

A região da serra gaúcha, localizada no nordeste do Estado, e a região do extremo sul encontram-se inseridas na classe de "Muito Frio", o que a princípio pode estar relacionado à influência do vento. Este, nos meses de outono e inverno, é bastante intenso e constante nessas regiões, seja em função da altitude, no caso da serra, como da proximidade com o oceano e também da latitude, no caso do extremo sul do Estado.

No entanto, na região noroeste do Estado - vale do rio Uruguai e fronteira com a Argentina - há situação de desconforto classificada na faixa de sensação térmica de "Frio Moderado", sendo este resultado possivelmente relacionado à influência da continentalidade e ao fato de as altitudes dessa região serem relativamente baixas (200m) em relação aos pontos mais elevados do Estado (1400m).

A homogeneidade das classes apresentadas no mapa deve-se ao fato de esta etapa da pesquisa ter sido trabalhada apenas com as médias anuais da série de 30 anos, fazendo com que os verdadeiros resultados das zonas de conforto tenham sido mascarados.

Essa homogeneidade do zoneamento do conforto térmico em escala regional, atribuída aos valores médios dos atributos climáticos, pode ser observada também nos trabalhos de Morillón (2004), no zoneamento climático da República do México, de Navarro (2007), no zoneamento bioclimático boliviano, e no próprio trabalho de Zoneamento Bioclimático Brasileiro.

Oliveira *et. al.* (2006) já haviam comprovado tal homogeneidade no zoneamento bioclimático ao tratar de dados médios em seu trabalho de zoneamento bioclimático da região sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano; no entanto, vale salientar que, apesar de a escala de análise climática também ser regional no trabalho desse autor, a presente pesquisa, ao tratar de escala espacial, analisa apenas o Estado do Rio Grande do Sul.

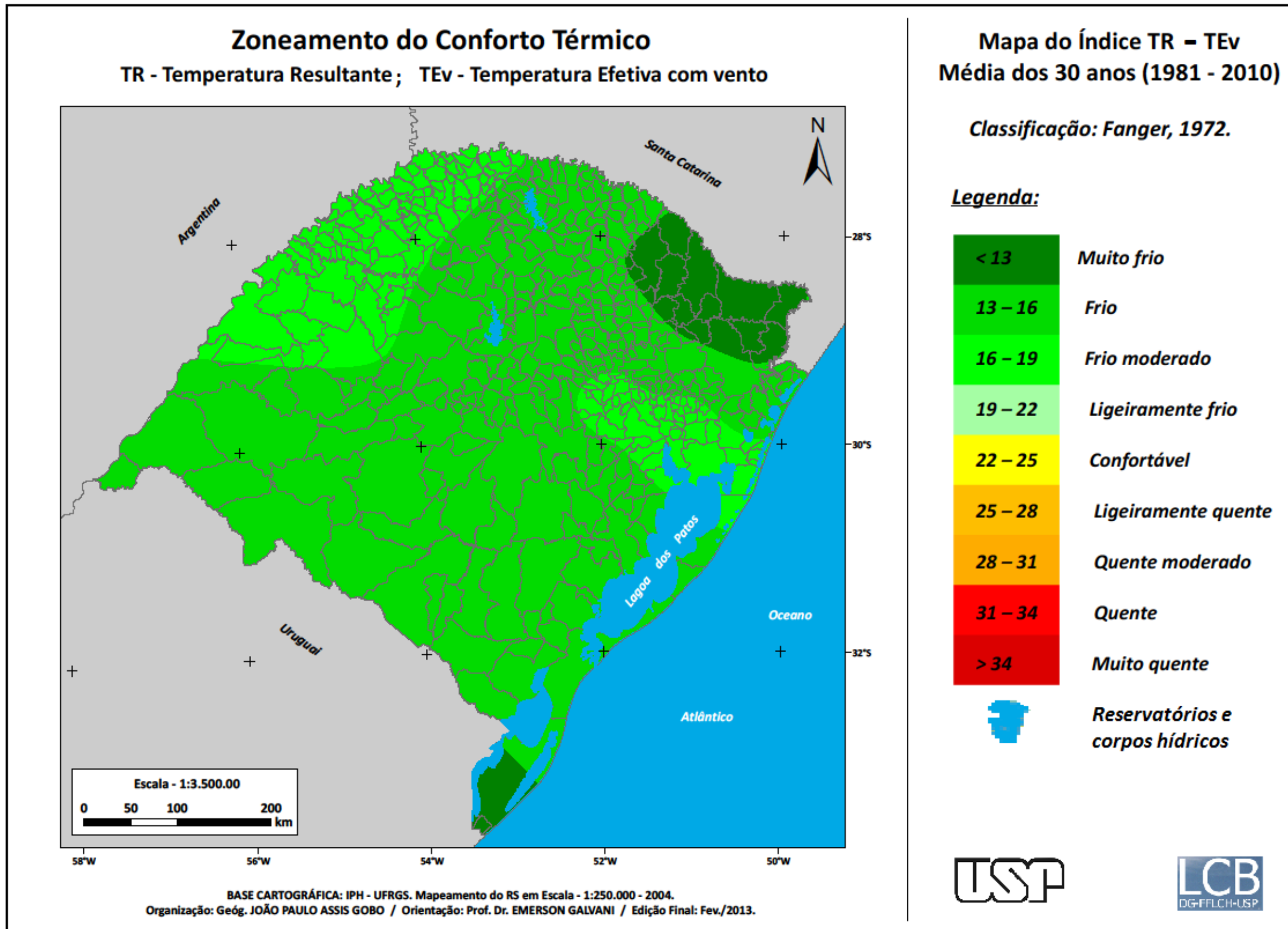


Figura 37: Mapa do Zoneamento do Conforto Térmico para a Série de 30 anos.
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

No zoneamento anual da série de 30 anos, não ocorreram áreas com faixa de sensação térmica "Ligeiramente Frio", "Confortável", "Ligeiramente Quente", "Quente Moderado", "Quente" e "Muito Quente", conforme as classes apresentadas anteriormente na metodologia.

A seguir, verifica-se na Tabela 1 a frequência de TEv e TR para o zoneamento da série de 30 anos, no território do Rio Grande do Sul, de acordo com a classe de Sensação Térmica. É possível observar na tabela 1 que 17,4% das ocorrências de TEv e TR no verão da área de estudo estão classificados na zona de "Muito Frio", enquanto 52,2% do total das ocorrências de TEv e TR encontram-se classificados na zona de "Frio". Os outros 26,1% das ocorrências de TEv e TR estão classificados na zona de desconforto por "Frio Moderado".

Tabela 1 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para a série de 30 anos.

Faixas	Sensação Térmica	Porcentagem de ocorrências no território do RS (%)
<13	Muito Frio	17,4
13 - 16	Frio	52,2
16 - 19	Frio Moderado	26,1
19 - 22	Ligeiramente Frio	0
22 - 25	Confortável	0
25 - 28	Ligeiramente Quente	0
28 - 31	Quente Moderado	0
31 - 34	Quente	0
>34	Muito Quente	0

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

6.1.1 - Zoneamento do conforto térmico para os verões da série de 30 anos

No que se refere ao zoneamento dos dados de TR para os verões da série de 30 anos, verificou-se, a partir do mapa da Figura 38, que o Estado se encontra dividido em três faixas de sensação térmica, sendo estas a de "Frio Moderado", "Ligeiramente Frio" e "Confortável".

É possível observar que a maior parte do Rio Grande do Sul se insere na faixa de sensação térmica "Confortável", sendo as regiões definidas pela Depressão Periférica Sul Rio-Grandense, parte do Litoral, a região do vale do rio Uruguai (noroeste) e parte da Campanha Gaúcha (extremo oeste).

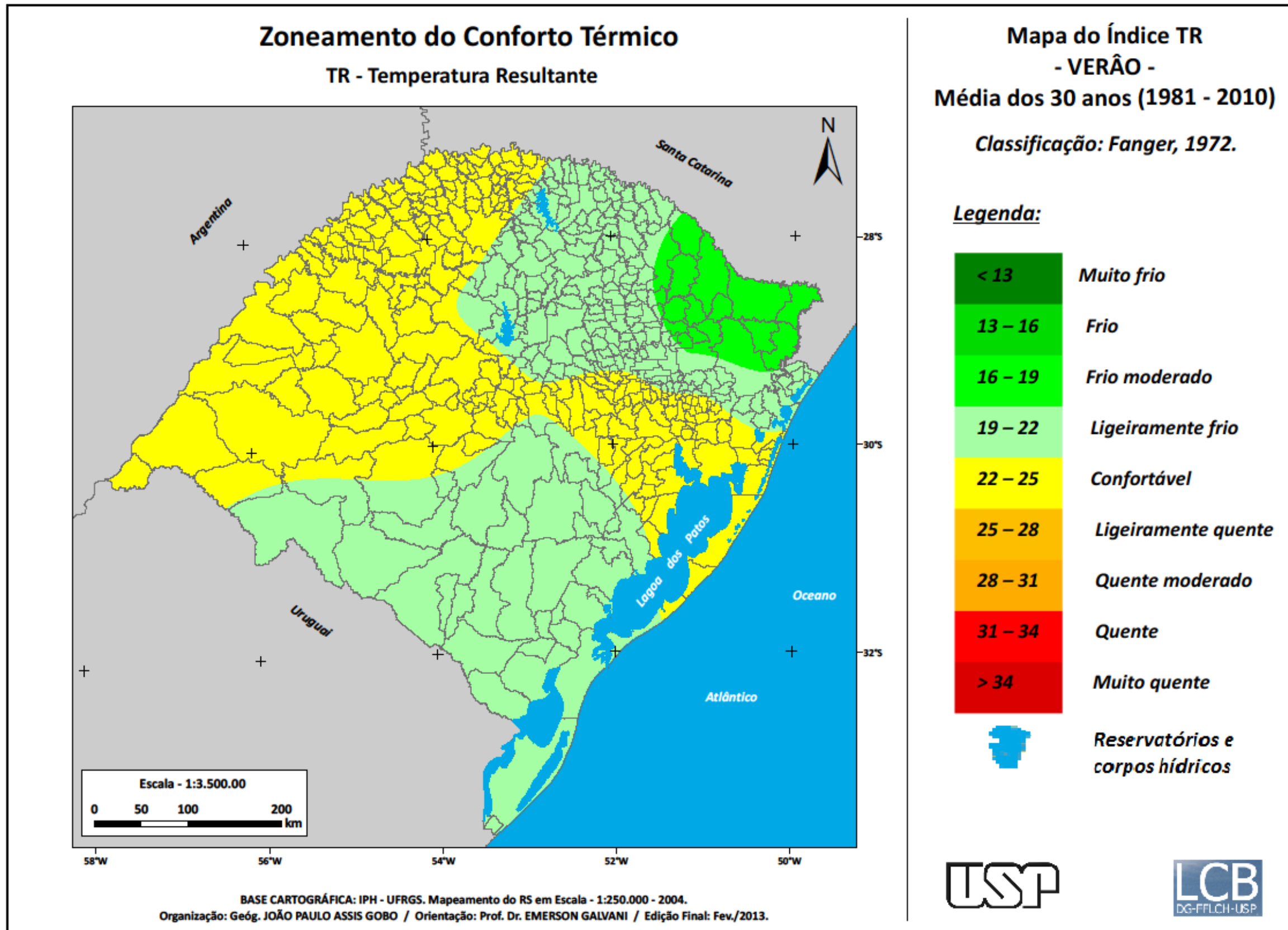


Figura 38: Mapa do Zoneamento do Conforto Térmico para os meses de Verão da Série de 30 anos.
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

Sobre essa condição pode-se novamente inferir o fator de controle climático exercido pelo relevo, com altitudes não muito acentuadas, em torno de 0m a 250m e a continentalidade no caso das áreas classificadas que se encontram mais ao interior do continente.

Inseridas na faixa de desconforto térmico "Ligeiramente Frio", encontra-se parte do Planalto Meridional da Bacia do Paraná e do Litoral Norte bem como toda a metade sul do estado, com temperaturas médias oscilando entre 19°C e 22°C para essa estação do ano. A única região do Rio Grande do Sul que apresenta valores de TR na faixa de sensação térmica de "Frio Moderado", com temperaturas médias entre 16°C e 19°C, é a região da Serra Gaúcha, onde as altitudes são mais elevadas.

É necessário salientar que para as condições de verão bem como para as de primavera, o índice de conforto térmico utilizado foi o Índice de Temperatura Resultante (TR), o qual não dispõe da influência do vento na sua equação; portanto, diferentemente do mapa de zoneamento médio da série de 30 anos, no mapa do zoneamento para os verões da série os dois principais fatores que influenciam o controle das zonas de sensação térmica no Estado são a latitude e a altitude.

6.1.2 Zoneamento do conforto térmico para os outonos da série de 30 anos

O zoneamento do conforto térmico para os meses de outono da série de 30 anos é apresentado no mapa da Figura 39 e assemelha-se bastante ao da série dos 30 anos, apresentado no mapa da Figura 37, no item 6.1.. No entanto, o mapa de zoneamento do outono apresenta o Estado dividido em apenas duas faixas de sensação térmica, as de "Muito Frio" e "Frio".

Analisando o mapa, é possível observar que a maior parcela do Rio Grande do Sul se encontra classificada na faixa de sensação térmica de "Frio", sendo as regiões representadas pela Depressão Periférica Sul Rio-Grandense, Litoral médio do Estado, extremo oeste e região noroeste (vale do rio Uruguai) assim como pela parte oeste do Planalto Meridional da Bacia do Paraná. Tais regiões caracterizam-se por apresentar temperaturas médias, nessa estação do ano, em torno de 13°C a 16°C.

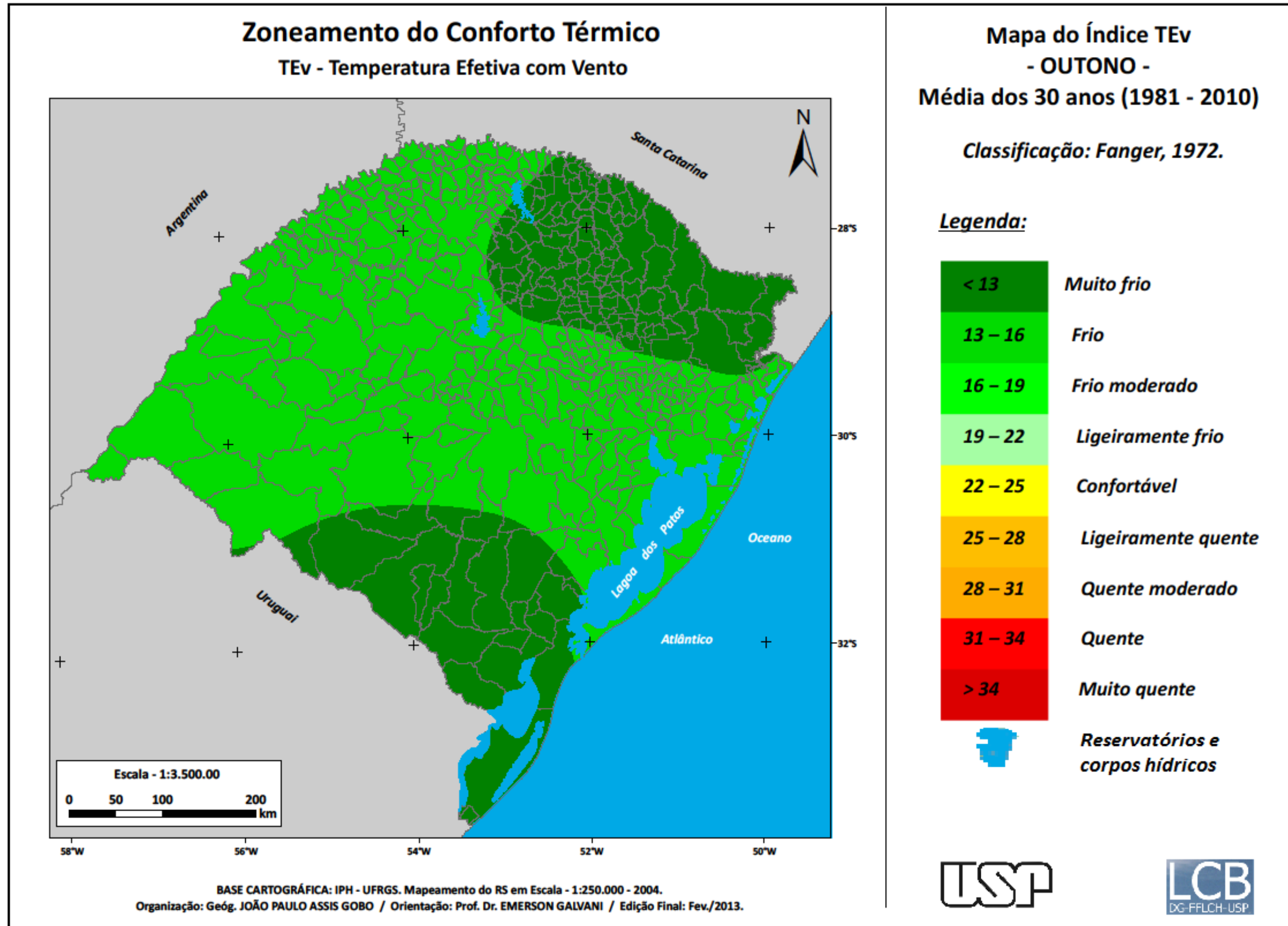


Figura 39: Mapa do Zoneamento do Conforto Térmico para os meses de Outono da Série de 30 anos.
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

Em contrapartida, há duas regiões do Estado inseridas na faixa de sensação térmica de "Muito Frio", sendo elas a Serra Gaúcha e o extremo sul do Estado, com temperaturas médias, nessa estação do ano, abaixo de 13°C.

Há nesse caso uma evidente influência do vento na determinação do zoneamento do conforto térmico para os outonos da série de 30 anos, pois as regiões definidas na faixa de sensação térmica de "Muito Frio" são aquelas de maior incidência de vento nessa época do ano, como pode ser observado no final do item 4.5 da Fundamentação Teórica desta pesquisa.

No caso das demais regiões do Rio Grande do Sul inseridas na faixa de sensação térmica de "Frio", verifica-se um altitude que varia entre 0m e 600m, o que pode demonstrar a não influência da altitude na determinação de conforto térmico nessa época do ano, sendo este fortemente influenciado pelo vento.

Chama-se a atenção para o fato de que, diferentemente do zoneamento do conforto térmico para o verão e para a primavera, o zoneamento para o outono e inverno utilizou-se apenas do Índice de Temperatura Efetiva com Vento (TEv), o qual atribui valores de velocidade do vento em sua equação, enquanto o Índice de Temperatura Resultante (TR), utilizado no zoneamento do verão e da primavera, não faz uso da influência do vento. Entretanto, lembra-se que esse método foi utilizado em função da baixa ocorrência de vento nos meses de primavera/verão na área de estudo.

6.1.3 Zoneamento do conforto térmico para os invernos da série de 30 anos

No zoneamento do conforto térmico para os meses de inverno da série de 30 anos, assim como no zoneamento do outono, foram calculados os valores de TEv, sendo que estes se apresentaram ainda mais baixos, classificando todo o território do Estado na faixa de sensação térmica de "Muito Frio", como pode ser verificado no mapa da Figura 40.

O zoneamento para os meses de inverno, no Rio Grande do Sul, apresentou-se muito mais homogêneo e generalizado do que os zoneamentos para as demais estações do ano, mais uma vez em função de os dados médios de TEv dificultarem um zoneamento nessa escala.

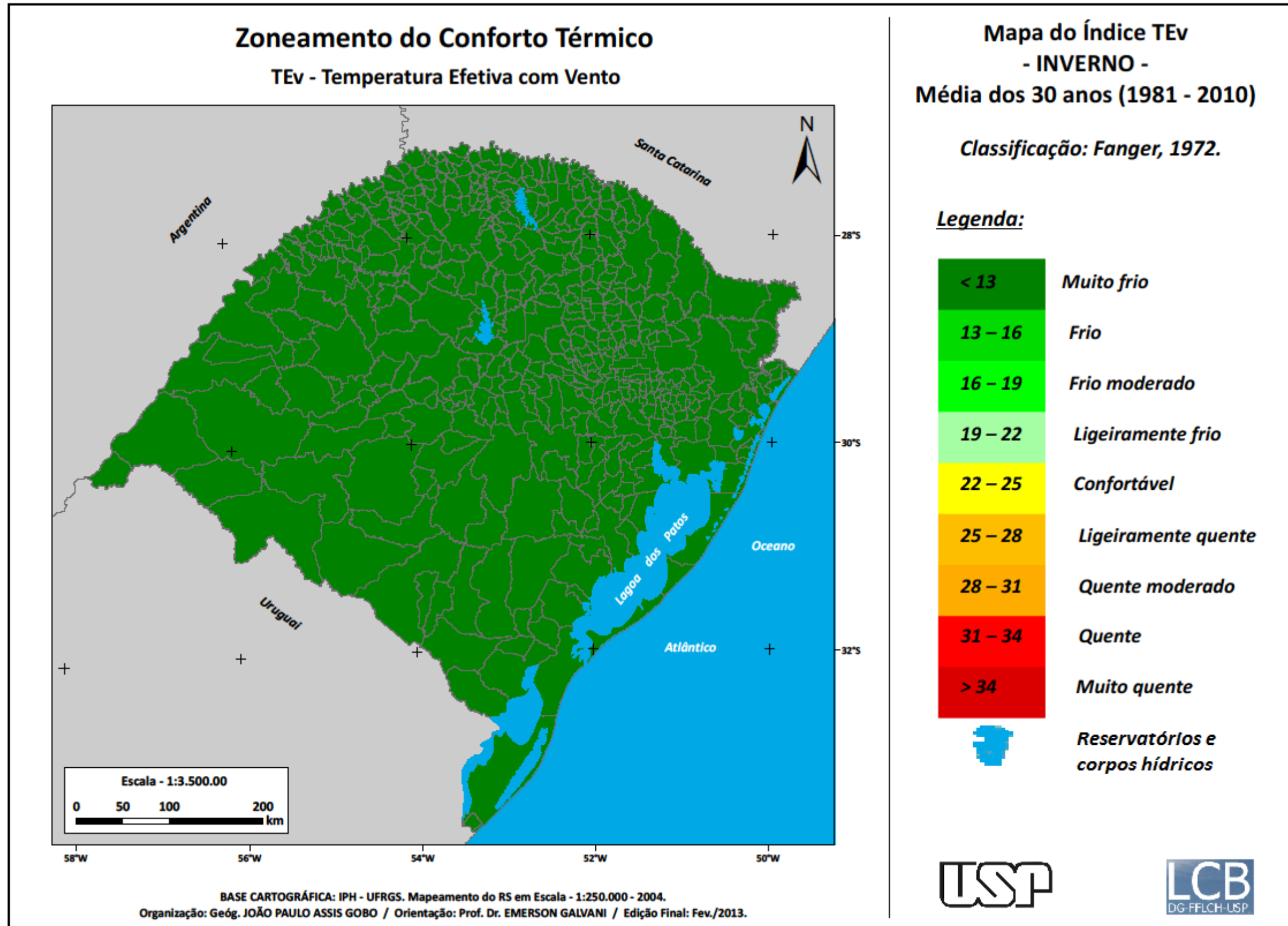


Figura 40: Mapa do Zoneamento do Conforto Térmico para os meses de Inverno da Série de 30 anos.
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

Nesse zoneamento para os meses de inverno da série de 30 anos, todas as regiões do Rio Grande do Sul apresentam médias de TE_v abaixo de 13°C, o que as coloca na faixa de sensação térmica de "Muito Frio" e nos dá a possibilidade de inferir que o conforto térmico no Estado para uma situação média de inverno é determinado muito mais pela dinâmica atmosférica (maior atuação de sistemas extratropicais), que mantém as temperaturas baixas durante esse período do ano.

Sendo assim, fatores de controle do clima, tais como a latitude, a proximidade ou distância dos corpos d'água e a altitude não são responsáveis, pelo menos em análise média, pela determinação das situações de conforto e desconforto térmico no Rio Grande do Sul.

6.1.4 Zoneamento do Conforto Térmico Para as Primaveras da Série de 30 Anos

O mapa da Figura 41 apresenta o zoneamento do conforto térmico para os meses de primavera da série de 30 anos, sendo que nesse zoneamento, diferentemente do zoneamento do inverno, é possível verificar três faixas de sensação térmica, sendo estas as de "Ligeiramente Frio", "Frio Moderado" e "Frio".

A maior parcela do Estado encontra-se inserida na faixa de sensação térmica de "Frio Moderado", a qual se caracteriza por valores médios de TR entre 16°C e 19°C.

Inserida na faixa de sensação térmica de "Ligeiramente Frio" está parte da região noroeste do Estado, incluindo parte do vale do rio Uruguai. Nessa região, os valores médios de TR oscilam entre 19°C e 22°C.

A região do Estado classificada na faixa de sensação térmica de "Frio" foi parte da Serra Gaúcha, sendo esta restrita às regiões mais elevadas. Nessa faixa de zoneamento, o valor médio de TR para a época do ano em foco oscila em torno de 13°C a 16°C.

Pode-se observar, no caso do zoneamento do conforto térmico para as primaveras da série de 30 anos, que há uma maior relação entre altitude e continentalidade influenciando a determinação das faixas de sensação térmica no Rio Grande do Sul, em função de que o vento não vem a ser um elemento influente nesse período do ano no estado e, portanto, não está incluso na equação do Índice de Temperatura Resultante (TR).

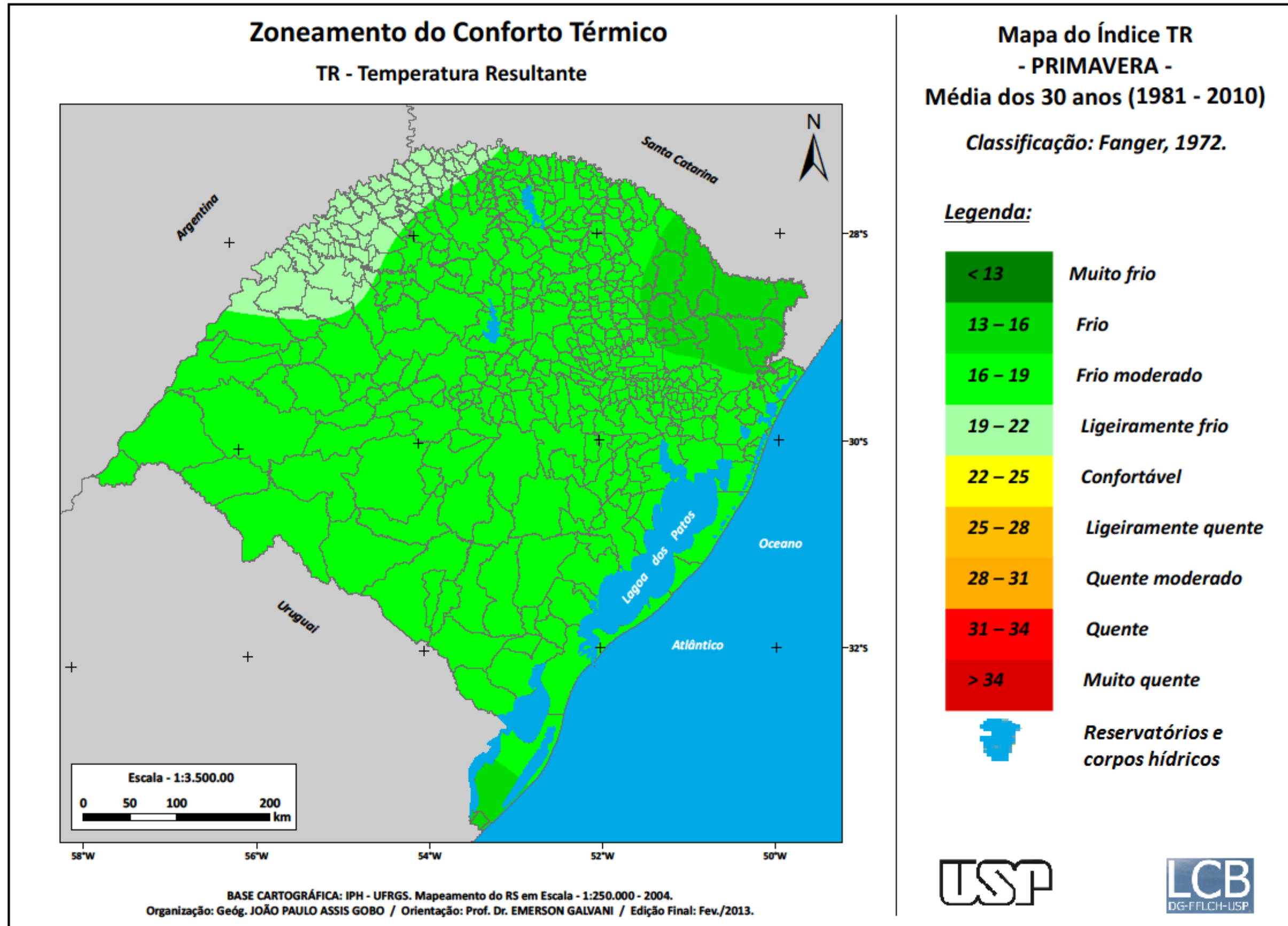


Figura 41: Mapa do Zoneamento do Conforto Térmico para os meses de Primavera da Série de 30 anos.
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

6.2 Zoneamento do conforto térmico para os anos-padrão

Este capítulo tratará do zoneamento do conforto térmico para a primavera, verão, outono e inverno de cada um dos três anos-padrão estabelecidos (2002, 2004 e 2007) bem como do zoneamento sazonal resultante da sobreposição desses zoneamentos.

6.2.1 Ano-Padrão Mais Chuvoso (2002)

✓ Primavera (Outubro 2002)

O mapa do zoneamento do conforto térmico para a primavera do ano-padrão mais chuvoso (Figura 42) é característico por classificar apenas três faixas de sensação térmica no território do Rio Grande do Sul, sendo elas "Frio", "Frio Moderado" e "Ligeiramente Frio".

Nota-se que a maior parte do Estado está representado pela faixa de sensação térmica de "Frio Moderado" com TR médio variando entre 16°C e 19°C, enquanto apenas parte da serra do nordeste apresenta-se na faixa de "Frio", em que a média do índice TR varia entre 13°C e 16°C. A faixa de sensação térmica correspondente a "Ligeiramente Frio" fica restrita ao noroeste do Estado, próximo à fronteira com a Argentina, no vale do rio Uruguai.

Nesse contexto, a tabela 2 apresenta o percentual das áreas ocupadas pelas três faixas de conforto térmico em questão, no território do Rio Grande do Sul.

Tabela 2 – Percentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para a primavera de 2002.

Faixas	Sensação Térmica	Porcentagem de ocorrências no território do RS (%)
<13	Muito Frio	0
13 - 16	Frio	8,7
16 - 19	Frio Moderado	73,9
19 - 22	Ligeiramente Frio	17,4
22 - 25	Confortável	0
25 - 28	Ligeiramente Quente	0
28 - 31	Quente Moderado	0
31 - 34	Quente	0
>34	Muito Quente	0

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

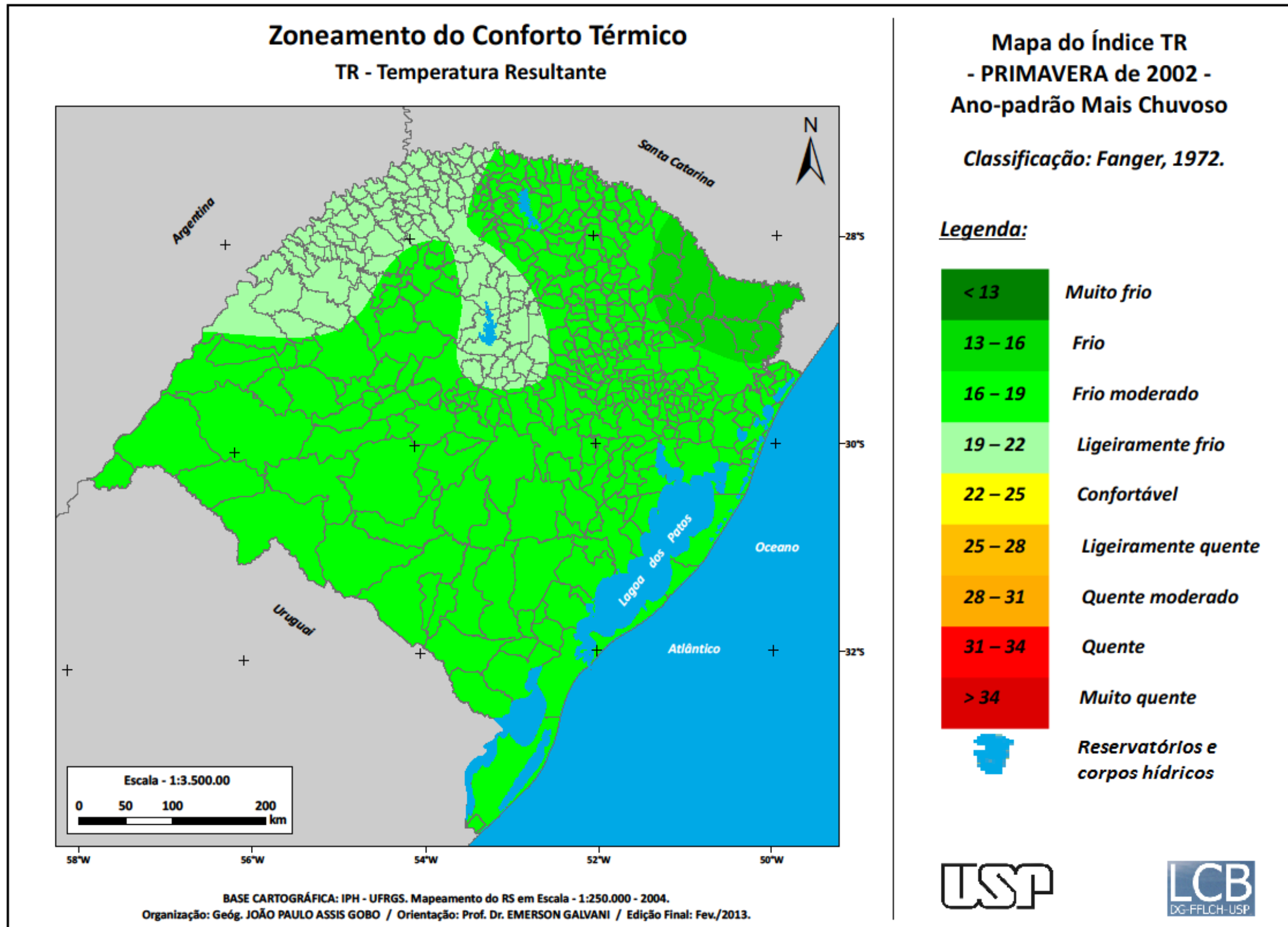


Figura 42: Mapa do Zoneamento do Conforto Térmico para a primavera do ano-padrão mais chuvoso (2002).
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

✓ **Verão (Janeiro 2002)**

No zoneamento do conforto térmico para o verão do ano-padrão mais chuvoso (Figura 43) assim como no zoneamento da primavera também se verificam três faixas de sensação térmica classificadas, que são "Frio Moderado", "Ligeiramente Frio" e "Confortável".

O zoneamento do verão é o único que apresenta a faixa de sensação térmica "Confortável" classificada dentre as demais estações do ano de 2002 zoneadas. A faixa em questão, com índice TR médio entre 22°C e 25°C, compreende todo o vale do rio Uruguai, desde o norte do Estado até o oeste, na região da tríplice fronteira (Brasil, Uruguai e Argentina). Também se verifica a faixa de sensação térmica "Confortável" em parte da região central do Estado, na região metropolitana de Porto Alegre e no litoral médio.

A faixa de sensação térmica "Frio Moderado", com índice TR médio entre 16°C e 19°C, restringe-se à região da serra de nordeste e a parte do planalto, sendo essas regiões as mais altas do estado, o que de certa forma auxilia a manutenção das temperaturas médias amenas.

A maior parcela do Rio Grande do Sul, no entanto, corresponde à faixa de sensação térmica "Ligeiramente Frio", representada por índice TR médio entre 19°C e 22°C. Essa faixa abrange toda a metade sul do Estado bem como partes da região central, da serra do nordeste e do planalto.

Na tabela 3 é possível verificar o percentual das áreas ocupadas por cada faixa de sensação térmica classificada no zoneamento para o verão de 2002, no território do Rio Grande do Sul.

Tabela 3 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o verão de 2002.

Faixas	Sensação Térmica	Porcentagem de ocorrências no território do RS (%)
<13	Muito Frio	0
13 - 16	Frio	0
16 - 19	Frio Moderado	13,0
19 - 22	Ligeiramente Frio	47,8
22 - 25	Confortável	39,2
25 - 28	Ligeiramente Quente	0
28 - 31	Quente Moderado	0
31 - 34	Quente	0
>34	Muito Quente	0

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

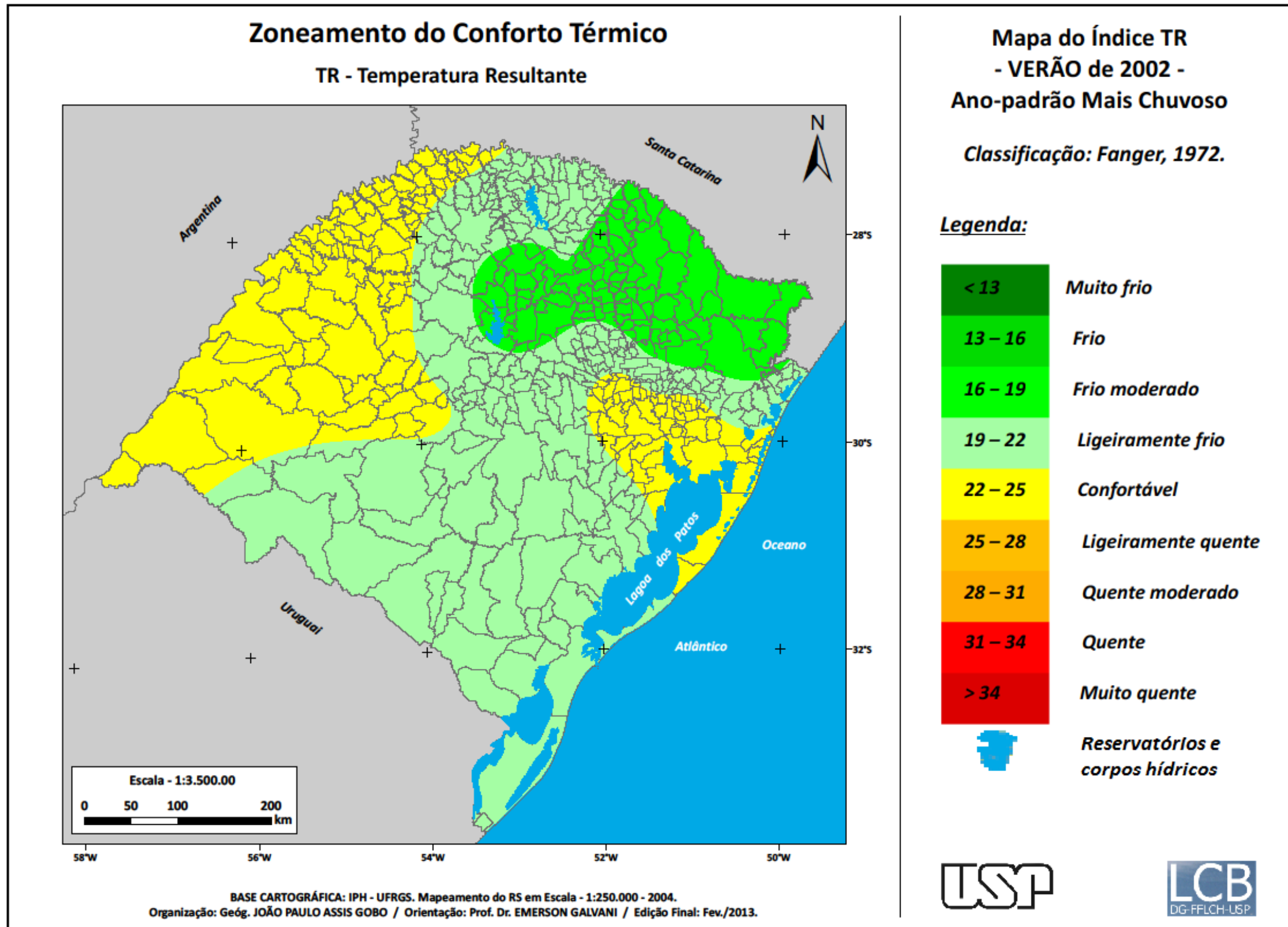


Figura 43: Mapa do Zoneamento do Conforto Térmico para o verão do ano-padrão mais chuvoso (2002).
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

✓ **Outono (Abril 2002)**

O outono do ano-padrão mais chuvoso (Figura 44) apresenta as quatro faixas de sensação térmica de desconforto por frio classificadas, sendo elas "Muito Frio", "Frio", "Frio Moderado" e "Ligeiramente Frio".

No outono do ano padrão mais chuvoso, as regiões mais elevadas da serra do nordeste bem como as regiões do extremo sul do Estado e da fronteira sul com o Uruguai apresentam-se classificadas na faixa de sensação térmica de "Muito Frio", com índice TEv médio menor que 13°C. Essas regiões são caracterizadas pela influência determinante do vento nessa época do ano, o que auxilia a redução da faixa de conforto térmico humano observado.

Nota-se também no mapa de zoneamento do outono uma tendência à suavização das faixas de sensação térmica, à medida que observamos a região central do estado a partir da serra de nordeste e do extremo sul, estando a faixa de "Frio Moderado" e "Ligeiramente Frio" correspondentes ao índice médio de TEv entre 16°C e 19°C, e 19°C e 22°C, respectivamente, localizadas na região central do estado, com a faixa de "Frio Moderado" estendendo-se pelo vale do rio Uruguai e parte do planalto.

A faixa de sensação térmica "Frio", com índice TEv médio variando entre 13°C e 16°C, fica nas zonas intermediárias entre a faixa de "Muito Frio" e "Frio Moderado", ocupando partes do planalto e da região da campanha, bem como do extremo sul do Estado.

A tabela 4 apresenta o percentual da distribuição espacial de cada uma das quatro faixas de sensação térmica classificadas no território do Rio Grande do Sul para o zoneamento do outono do ano-padrão mais chuvoso.

Tabela 4 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o outono de 2002.

Faixas	Sensação Térmica	Porcentagem de ocorrências no território do RS (%)
<13	Muito Frio	17,4
13 - 16	Frio	34,8
16 - 19	Frio Moderado	34,8
19 - 22	Ligeiramente Frio	13,0
22 - 25	Confortável	0
25 - 28	Ligeiramente Quente	0
28 - 31	Quente Moderado	0
31 - 34	Quente	0
>34	Muito Quente	0

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

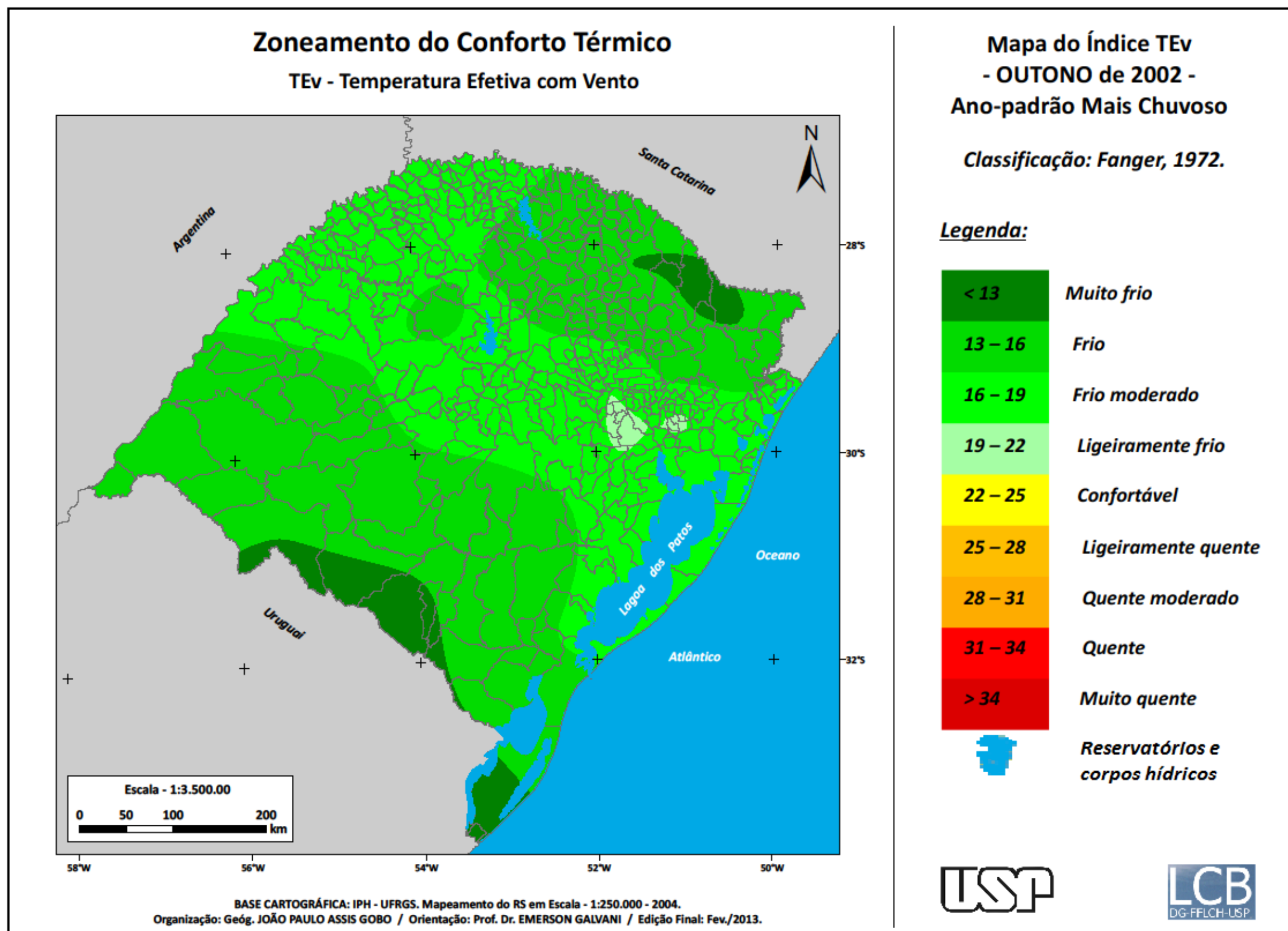


Figura 44: Mapa do Zoneamento do Conforto Térmico para o outono do ano-padrão mais chuvoso (2002).
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

✓ **Inverno (Julho 2002)**

No zoneamento do inverno do ano-padrão mais chuvoso (Figura 45), verifica-se apenas uma faixa de sensação térmica classificada, abrangendo todo o território do Rio Grande do Sul. A faixa em questão é a de "Muito Frio" e representa valores de TEv menores que 13°C.

Apesar de ocorrerem episódios de temperaturas elevadas em determinados períodos, mesmo no inverno, a média geral das temperaturas no Rio Grande do Sul é baixa devido aos valores extremos identificados nas regiões mais frias do Estado, como a serra do nordeste, parte do planalto, a campanha e o extremo sul. Assim, os valores de TEv tendem a manter-se ainda mais baixos devido ao vento que intensifica, ainda mais, a sensação de extremo desconforto por frio.

A tabela 5 mostra o percentual da área do Rio Grande do Sul zoneada na faixa de sensação térmica de "Muito Frio".

Tabela 5 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o inverno de 2002.

Faixas	Sensação Térmica	Porcentagem de ocorrências no território do RS (%)
<13	Muito Frio	100,0
13 - 16	Frio	0
16 - 19	Frio Moderado	0
19 - 22	Ligeiramente Frio	0
22 - 25	Confortável	0
25 - 28	Ligeiramente Quente	0
28 - 31	Quente Moderado	0
31 - 34	Quente	0
>34	Muito Quente	0

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

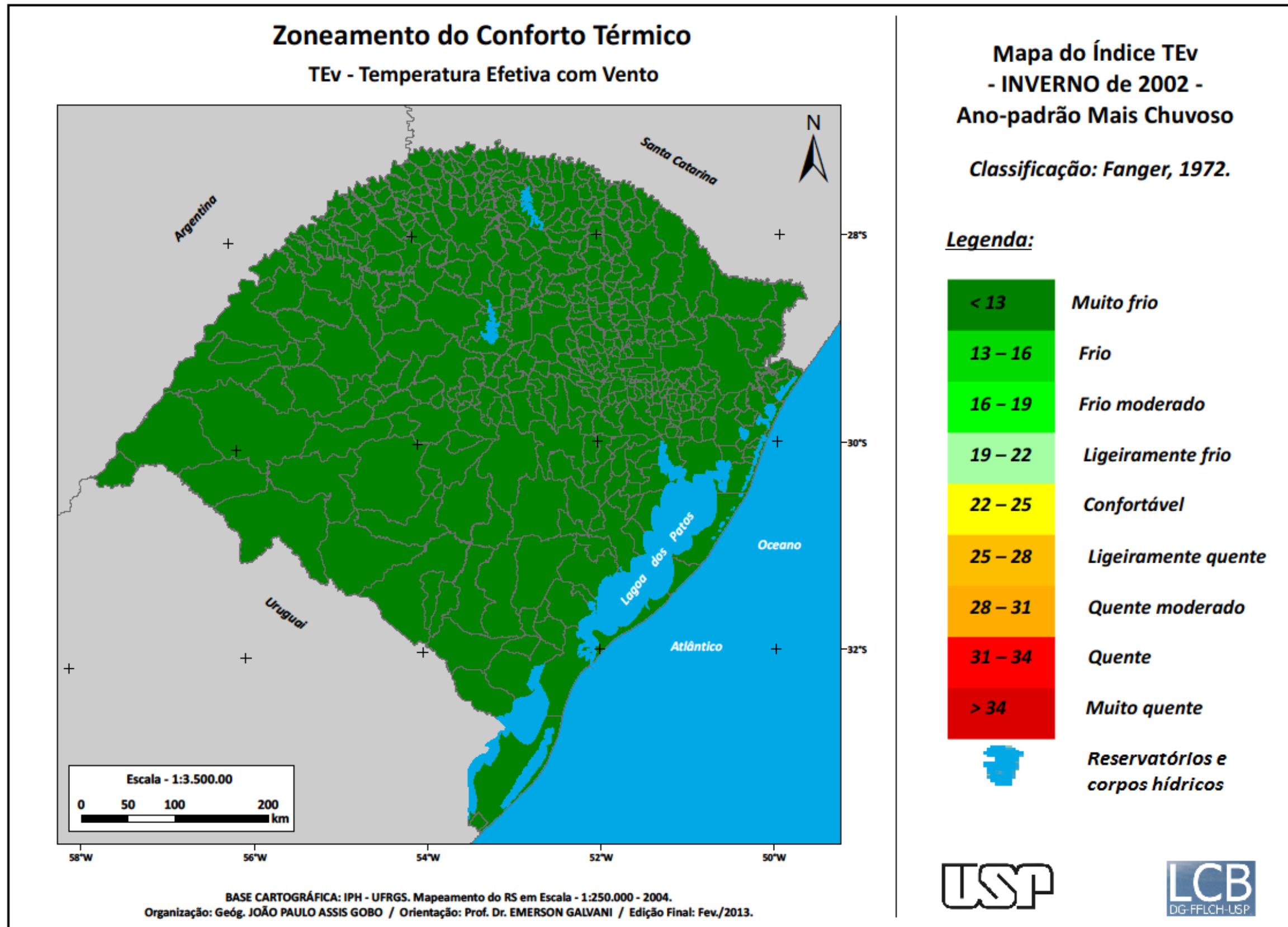


Figura 45: Mapa do Zoneamento do Conforto Térmico para o inverno do ano-padrão mais chuvoso (2002).
 Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

6.2.2 - Ano-Padrão Menos Chuvoso (2004)

✓ Primavera (Outubro 2004)

Diferentemente do zoneamento do conforto térmico para a primavera do ano-padrão mais chuvoso (2002), o zoneamento para a primavera do ano-padrão menos chuvoso (2004) (Figura 46), apresenta uma maior homogeneidade no padrão das faixas de sensação térmica classificadas.

Há apenas duas faixas classificadas no território do Rio Grande do Sul, sendo estas as de "Frio" e "Frio Moderado", correspondentes ao índice TR entre 13°C e 16°C, e 16°C a 19°C, respectivamente.

A faixa de sensação térmica de "Frio" está restrita às regiões da serra do nordeste bem como do extremo sul do Estado, enquanto a faixa de "Frio Moderado" encontra-se distribuída pela maior parte do território, ocupando as regiões do litoral médio e norte, bem como a região central, o oeste, o vale do rio Uruguai e a maior parte do planalto.

Na tabela 6, pode ser observado o percentual de ocupação de cada uma das duas faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento do conforto térmico para a primavera do ano padrão menos chuvoso no Rio Grande do Sul.

Tabela 6 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para a primavera de 2004.

Faixas	Sensação Térmica	Porcentagem de ocorrências no território do RS (%)
<13	Muito Frio	0
13 - 16	Frio	21,7
16 - 19	Frio Moderado	78,3
19 - 22	Ligeiramente Frio	0
22 - 25	Confortável	0
25 - 28	Ligeiramente Quente	0
28 - 31	Quente Moderado	0
31 - 34	Quente	0
>34	Muito Quente	0

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

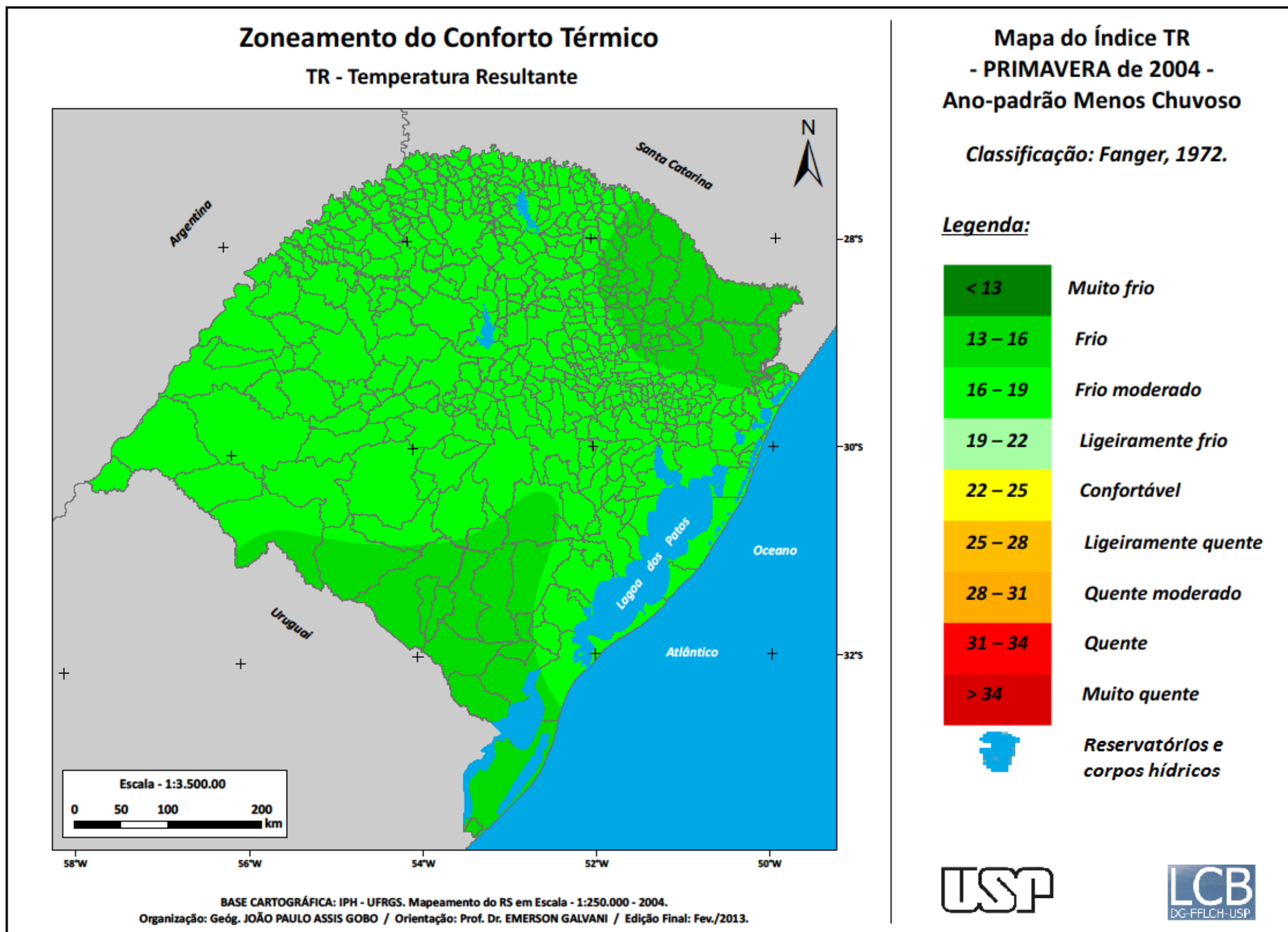


Figura 46: Mapa do Zoneamento do Conforto Térmico para a primavera do ano-padrão menos chuvoso (2004).
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

✓ **Verão (Janeiro 2004)**

No zoneamento do verão do ano-padrão menos chuvoso (Figura 47), notam-se zonas de faixa de sensação térmica "Confortável" menores em relação ao verão do ano-padrão mais chuvoso (2002).

O zoneamento dessa estação para o ano menos chuvoso apresenta, ainda, faixas de sensação térmica de "Ligeiramente Frio" e "Frio Moderado" classificadas no território do Rio Grande do Sul, sendo a faixa de "Ligeiramente Frio" a predominante, com índice TR médio oscilando entre 19°C e 22°C, enquanto a faixa de "Frio Moderado", com índice TR médio entre 16°C e 19°C, restrita às regiões mais elevadas da serra de nordeste.

A faixa de sensação térmica "Confortável", com índice TR médio variando entre 22°C e 25°C, abrange parte da região metropolitana de Porto Alegre e todo o vale do rio Uruguai, no oeste do Estado, sendo essas regiões caracterizadas por altitudes que variam entre 0m e 200m.

Na tabela 7, é possível verificar o percentual das áreas ocupadas por cada faixa de sensação térmica classificada no zoneamento para o verão do ano-padrão menos chuvoso (2004), no território do Rio Grande do Sul.

Tabela 7 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o verão de 2004.

Faixas	Sensação Térmica	Porcentagem de ocorrências no território do RS (%)
<13	Muito Frio	0
13 - 16	Frio	0
16 - 19	Frio Moderado	17,4
19 - 22	Ligeiramente Frio	47,8
22 - 25	Confortável	34,8
25 - 28	Ligeiramente Quente	0
28 - 31	Quente Moderado	0
31 - 34	Quente	0
>34	Muito Quente	0

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

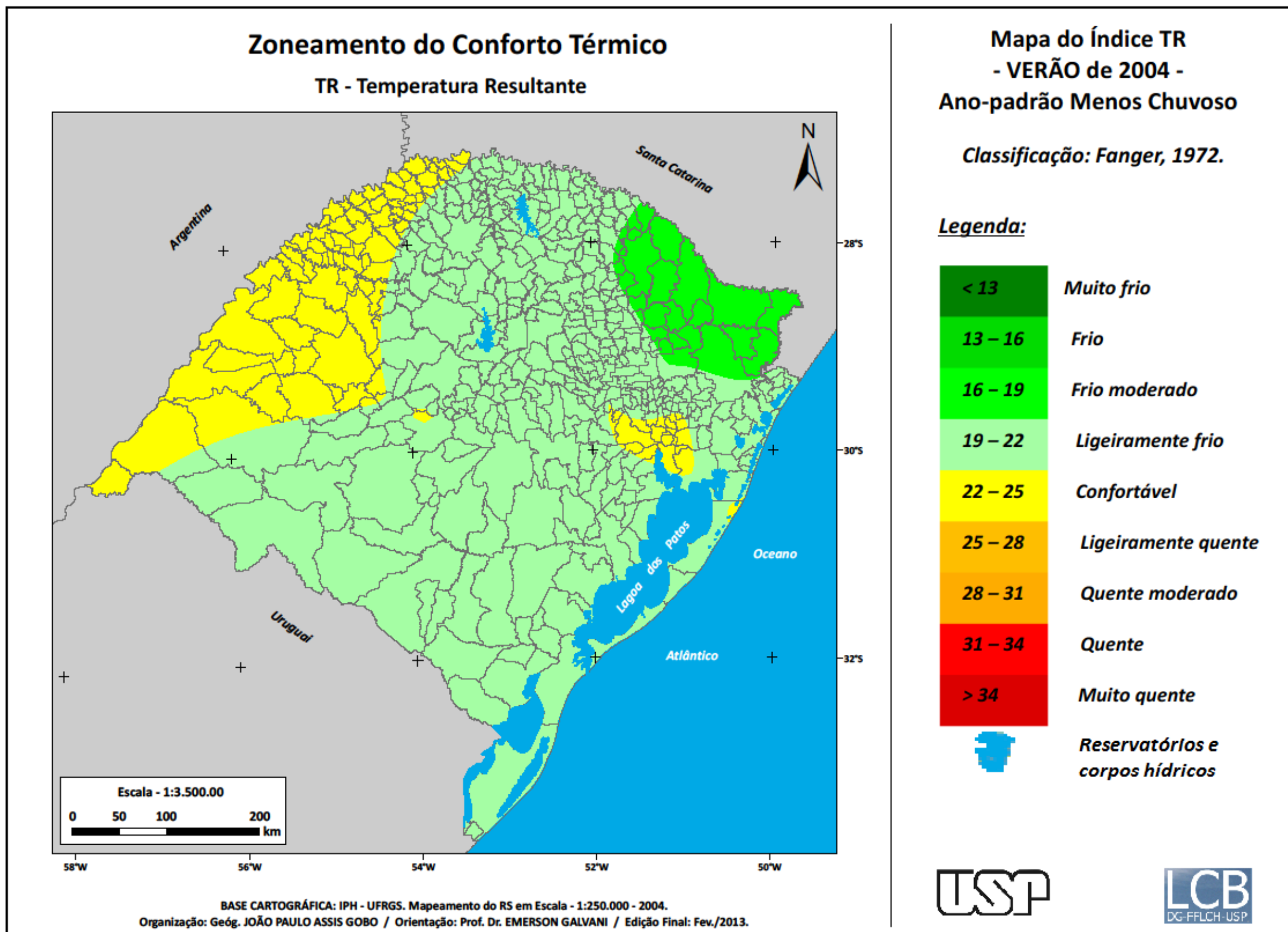


Figura 47: Mapa do Zoneamento do Conforto Térmico para o verão do ano-padrão menos chuvoso (2004).
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

✓ **Outono (Abril 2004)**

O outono do ano-padrão menos chuvoso (Figura 48) é caracterizado pela homogeneidade da classificação das faixas de sensação térmica, assim como a primavera do mesmo ano-padrão.

Notam-se, no zoneamento do outono, apenas duas faixas de sensação térmica classificadas, sendo estas a de "Muito Frio" e "Frio", ambas muito bem abrangentes no território do Rio Grande do Sul.

A faixa de sensação térmica de "Muito Frio", caracterizada por índices de TEv médio abaixo de 13°C, cobre toda a serra do nordeste e parte do planalto e o extremo sul do Estado, prolongando-se até próximo à região central.

No que diz respeito à faixa de sensação térmica de "Frio", com índice TEv médio entre 13°C e 16°C, ela abrange toda a região central do Estado, o litoral médio e norte, bem como a região oeste, incluindo parte da campanha e do planalto.

A tabela 8 mostra o percentual da área do Rio Grande do Sul zoneada nas faixas de sensação térmica de "Muito Frio" e "Frio".

Tabela 8 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o outono de 2004.

Faixas	Sensação Térmica	Porcentagem de ocorrências no território do RS (%)
<13	Muito Frio	39,1
13 - 16	Frio	52,2
16 - 19	Frio Moderado	8,7
19 - 22	Ligeiramente Frio	0
22 - 25	Confortável	0
25 - 28	Ligeiramente Quente	0
28 - 31	Quente Moderado	0
31 - 34	Quente	0
>34	Muito Quente	0

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

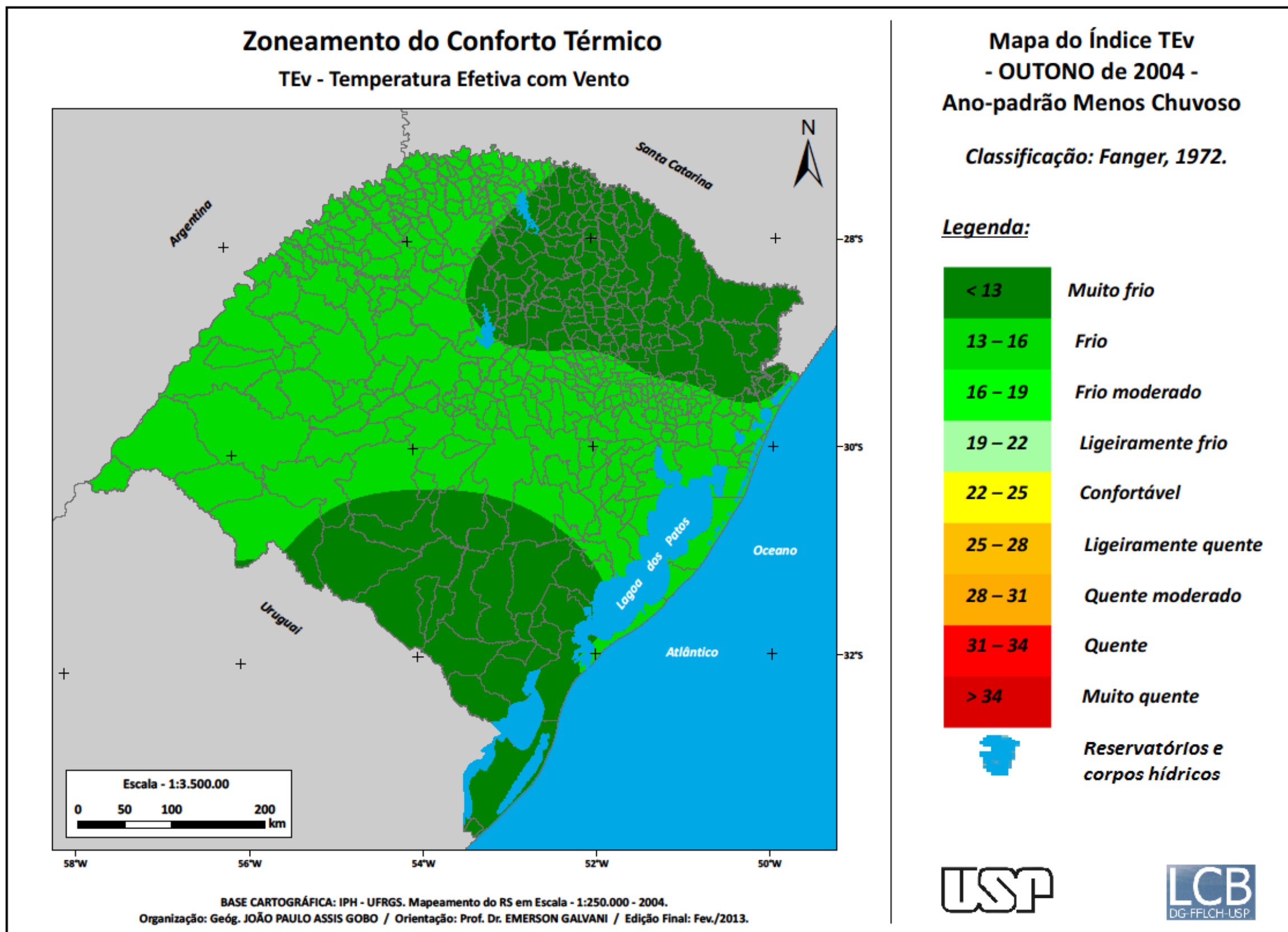


Figura 48: Mapa do Zoneamento do Conforto Térmico para o outono do ano-padrão menos chuvoso (2004).
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

✓ **Inverno (Julho 2004)**

O zoneamento do conforto térmico para o inverno do ano-padrão menos chuvoso (Figura 49), no Rio Grande do Sul, mostrou-se semelhante ao do ano-padrão mais chuvoso, apresentando novamente homogeneidade nas faixas de sensação térmica classificadas, com o predomínio da faixa de "Muito Frio", que apresenta valores médios de TEv menores que 13°C.

Na tabela 9, pode ser observado o percentual total de ocorrências das faixas de sensação térmica no zoneamento do conforto térmico para o inverno do ano-padrão menos chuvoso no Rio Grande do Sul.

Tabela 9 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o inverno de 2004.

Faixas	Sensação Térmica	Porcentagem de ocorrências no território do RS (%)
<13	Muito Frio	100,0
13 - 16	Frio	0
16 - 19	Frio Moderado	0
19 - 22	Ligeiramente Frio	0
22 - 25	Confortável	0
25 - 28	Ligeiramente Quente	0
28 - 31	Quente Moderado	0
31 - 34	Quente	0
>34	Muito Quente	0

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

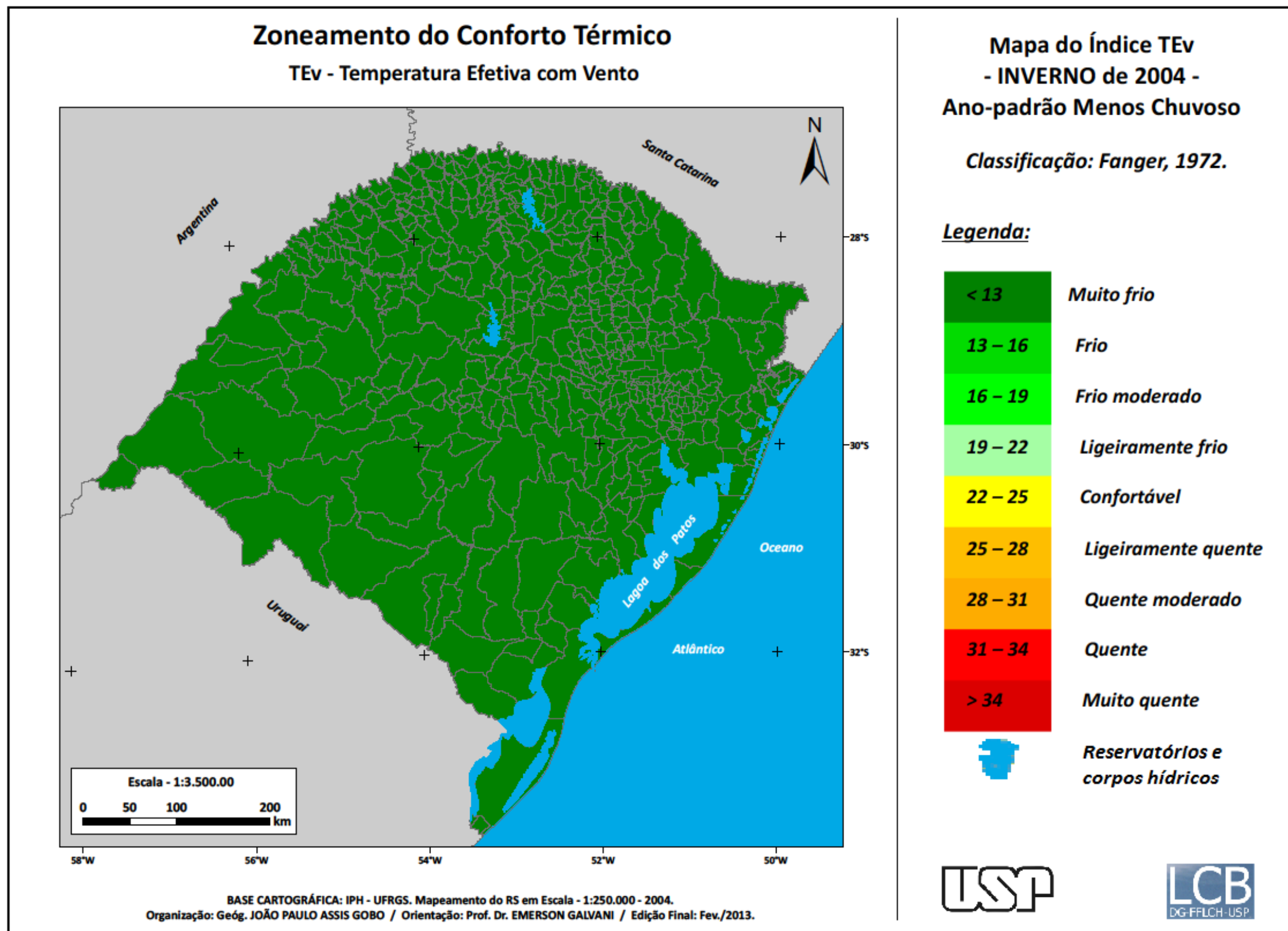


Figura 49: Mapa do Zoneamento do Conforto Térmico para o inverno do ano-padrão menos chuvoso (2004).
 Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

6.2.3 - Ano-Padrão Habitual (2007)

✓ Primavera (Outubro 2007)

O zoneamento da primavera do ano-padrão habitual (2007) (Figura 50) mostrou-se mais quente que os demais zoneamentos para a mesma estação do ano, nos outros dois anos-padrão observados.

Há três faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento da primavera de 2007, sendo elas as condições de "Frio", "Frio Moderado" e "Ligeiramente Frio". Destas, a faixa de "Frio Moderado", com valores médios de TR oscilando entre 16°C e 19°C, ocupa a maior parte do território do Rio Grande do Sul, prevalecendo sobre praticamente toda a metade sul do Estado, a região central, parte do oeste, do planalto e da serra de nordeste.

A faixa de "Frio", com valores médios de TR entre 13°C e 16°C, fica restrita ao extremo sul do Estado e às áreas mais elevadas da serra de nordeste, onde as temperaturas são as mais baixas em todos os zoneamentos já realizados anteriormente.

Por fim, a faixa de sensação térmica de "Ligeiramente Frio", com índice TR entre 19°C e 22°C, abrange apenas a região noroeste do Estado, limitando-se ao setor do vale do rio Uruguai, região esta que, nos demais zoneamentos realizados nesta pesquisa, apresentou os valores de TR e TEv mais altos dentre todos os da série estudada.

Na tabela 10, observa-se o percentual de áreas ocupadas por cada uma das três faixas de sensação térmica classificadas neste zoneamento..

Tabela 10 – Percentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para a primavera de 2007.

Faixas	Sensação Térmica	Porcentagem de ocorrências no território do RS (%)
<13	Muito Frio	0
13 - 16	Frio	8,7
16 - 19	Frio Moderado	60,9
19 - 22	Ligeiramente Frio	30,4
22 - 25	Confortável	0
25 - 28	Ligeiramente Quente	0
28 - 31	Quente Moderado	0
31 - 34	Quente	0
>34	Muito Quente	0

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

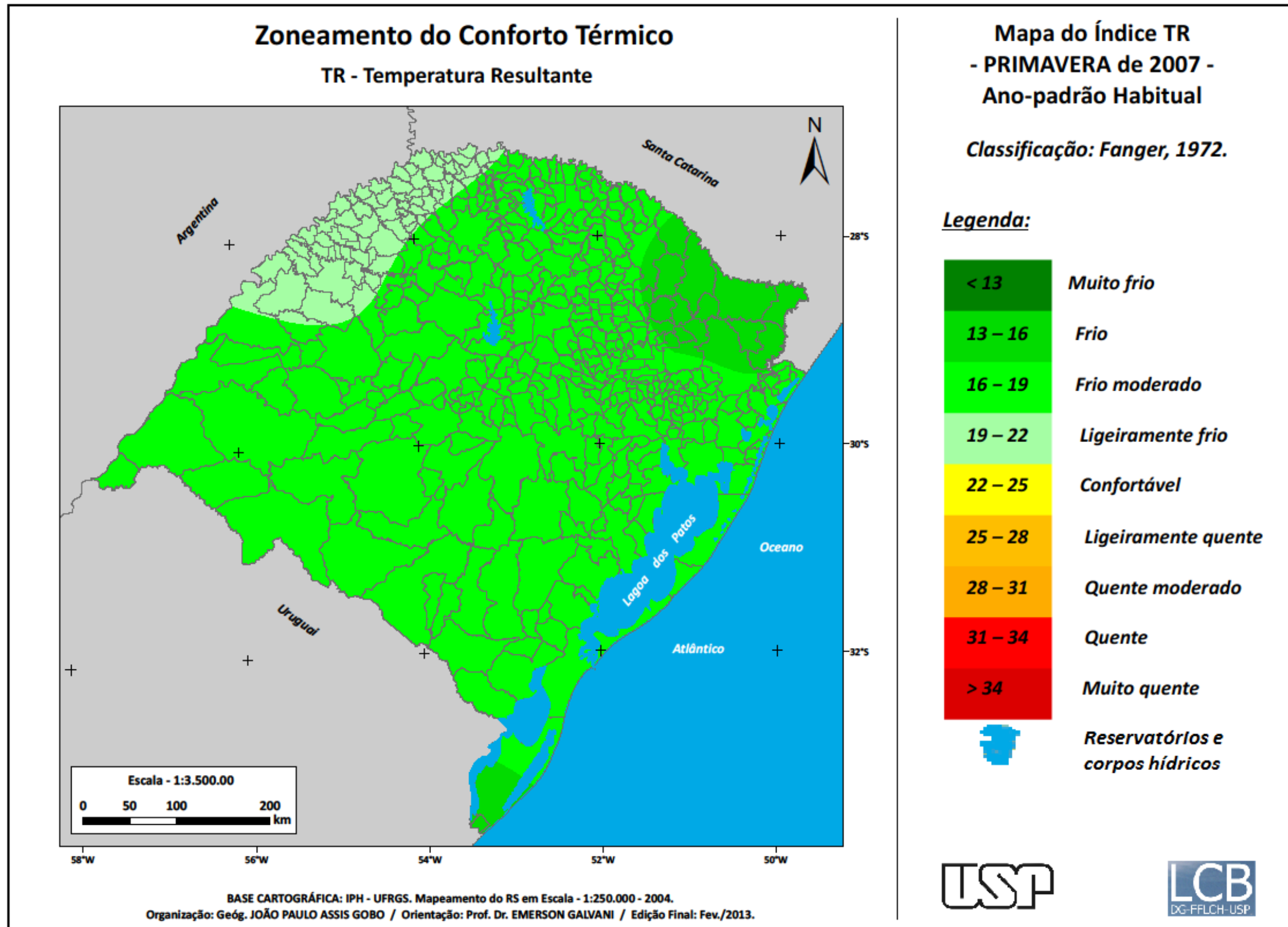


Figura 50: Mapa do Zoneamento do Conforto Térmico para a primavera do ano-padrão habitual (2007).
 Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

✓ **Verão (Janeiro 2007)**

Observando-se o mapa do zoneamento do conforto térmico para o verão do ano-padrão habitual (Figura 51), pode-se constatar um domínio mais abrangente das faixas mais quentes de sensação térmica, em relação aos demais verões observados anteriormente.

De fato, das três faixas de sensação térmica classificadas, a faixa "Confortável", com índice TR entre 22°C e 25°C, é a que predomina no território do Rio Grande do Sul nesse zoneamento. Ela ocupa boa parte do planalto, a região oeste do Estado, a região central e boa parte do litoral e da metade sul do Rio Grande do Sul.

As demais faixas de sensação térmica classificadas foram a de "Ligeiramente Frio" e "Frio Moderado", com índices TR variando entre 19°C e 22°C, e 16°C e 19°C, respectivamente. Destas, a faixa de "Ligeiramente Frio" foi classificada no extremo sul do Rio Grande do Sul, na região da campanha, próxima à fronteira com o Uruguai, em um núcleo na serra de sudeste (escudo cristalino), e em parte do litoral norte e da serra de nordeste.

A faixa de "Frio Moderado" ficou restrita a um pequeno núcleo na região dos campos de cima da serra, na serra de nordeste próximo à divisa entre os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

A tabela 11 apresenta o percentual de áreas ocupadas por cada uma das três faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento do conforto térmico para o verão do ano-padrão habitual no Rio Grande do Sul.

Tabela 11 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o verão de 2007.

Faixas	Sensação Térmica	Porcentagem de ocorrências no território do RS (%)
<13	Muito Frio	0
13 - 16	Frio	0
16 - 19	Frio Moderado	0
19 - 22	Ligeiramente Frio	34,8
22 - 25	Confortável	65,2
25 - 28	Ligeiramente Quente	0
28 - 31	Quente Moderado	0
31 - 34	Quente	0
>34	Muito Quente	0

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

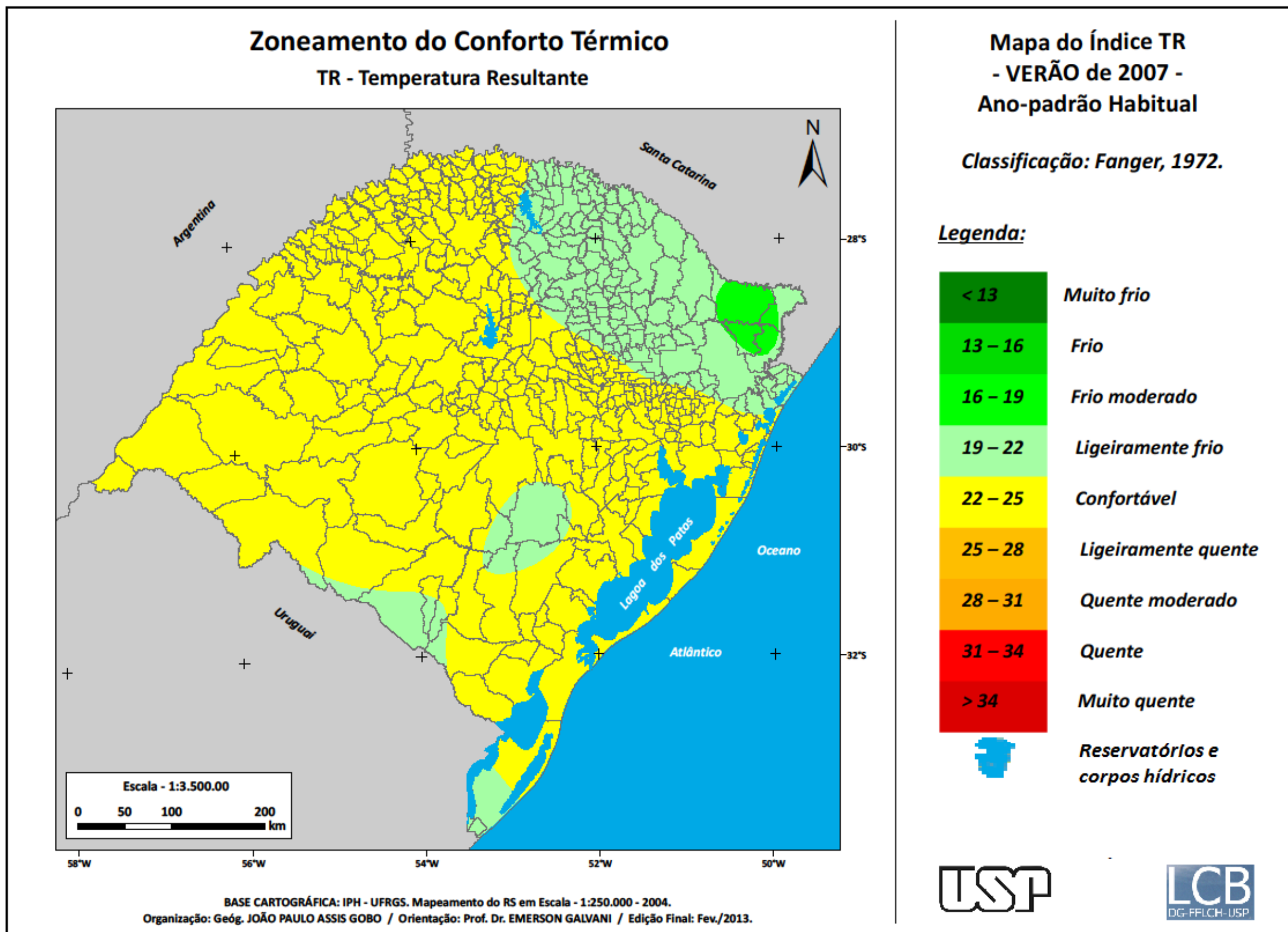


Figura 51: Mapa do Zoneamento do Conforto Térmico para o verão do ano-padrão habitual (2007).
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

✓ **Outono (Abril 2007)**

Mais uma vez, como nos demais zoneamentos do conforto térmico para o outono dos anos-padrão selecionados, o outono de 2007 (ano-padrão habitual) (Figura 52) mostrou-se bastante homogêneo, com três faixas de sensação térmica classificadas, porém com o predomínio de duas grandes faixas.

Foram classificadas as faixas de sensação térmica de "Muito Frio", "Frio" e "Frio Moderado", sendo que a faixa de "Frio", com índice TEv entre 13°C e 16°C, praticamente divide o Estado entre duas zonas de "Muito Frio", estas com índice TEv médio abaixo de 13°C.

A faixa de "Muito Frio" abrange a serra de nordeste e uma pequena faixa do planalto, bem como a metade sul do Estado, com parte do litoral sul e da campanha. Já a faixa de "Frio" divide as duas zonas de "Muito Frio", ocupando todo o litoral médio e norte do Rio Grande do Sul assim como a região central do Estado, o oeste e o planalto.

Há ainda um núcleo de "Frio Moderado" classificado em torno da região metropolitana de Porto Alegre, onde, tal como na região do vale do rio Uruguai, verificam-se os valores mais elevados de TR e TEv da série estudada.

A tabela 12 mostra o percentual da área do Rio Grande do Sul zoneada nas faixas de sensação térmica de "Muito Frio", "Frio" e "Frio Moderado".

Tabela 12 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o outono de 2007.

Faixas	Sensação Térmica	Porcentagem de ocorrências no território do RS (%)
<13	Muito Frio	30,4
13 - 16	Frio	47,8
16 - 19	Frio Moderado	21,8
19 - 22	Ligeiramente Frio	0
22 - 25	Confortável	0
25 - 28	Ligeiramente Quente	0
28 - 31	Quente Moderado	0
31 - 34	Quente	0
>34	Muito Quente	0

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

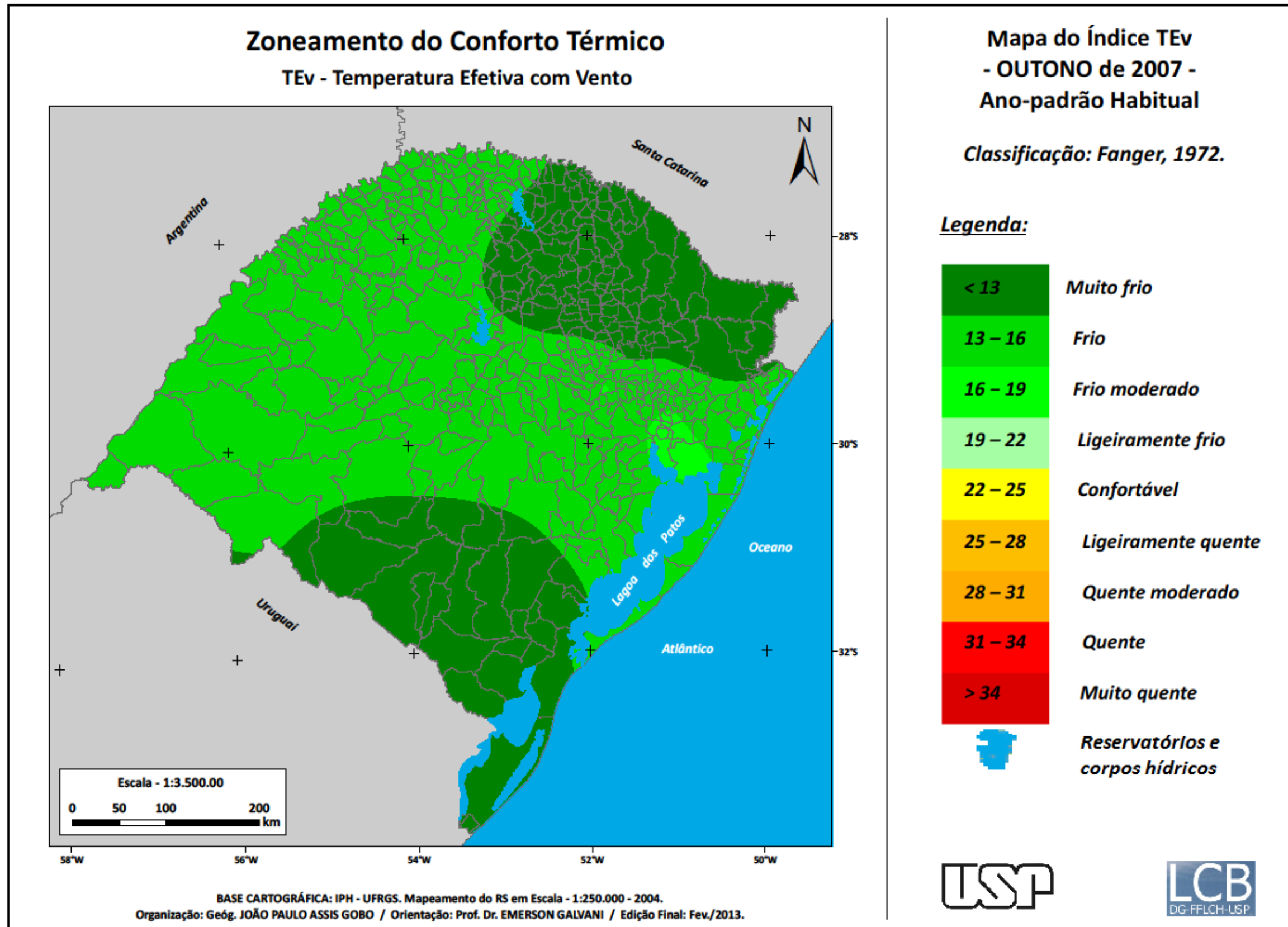


Figura 52: Mapa do Zoneamento do Conforto Térmico para o outono do ano-padrão habitual (2007).
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

✓ **Inverno (Julho 2007)**

No zoneamento do inverno do ano-padrão habitual (Figura 53), verifica-se apenas uma faixa de sensação térmica classificada abrangendo todo o território do Rio Grande do Sul. A faixa em questão é a de "Muito Frio" e representa valores de TEv menores que 13°C.

O mesmo pode ser observado nos zoneamentos dos invernos dos demais anos-padrão anteriormente analisados, o que denota uma influência diferente, do ponto de vista climatológico, nos elementos e atributos climáticos envolvidos dos demais zoneamentos.

A tabela 13 mostra o percentual da área do Rio Grande do Sul zoneada na faixa de sensação térmica de "Muito Frio".

Tabela 13 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento para o inverno de 2007.

Faixas	Sensação Térmica	Porcentagem de ocorrências no território do RS (%)
<13	Muito Frio	100,0
13 - 16	Frio	0
16 - 19	Frio Moderado	0
19 - 22	Ligeiramente Frio	0
22 - 25	Confortável	0
25 - 28	Ligeiramente Quente	0
28 - 31	Quente Moderado	0
31 - 34	Quente	0
>34	Muito Quente	0

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

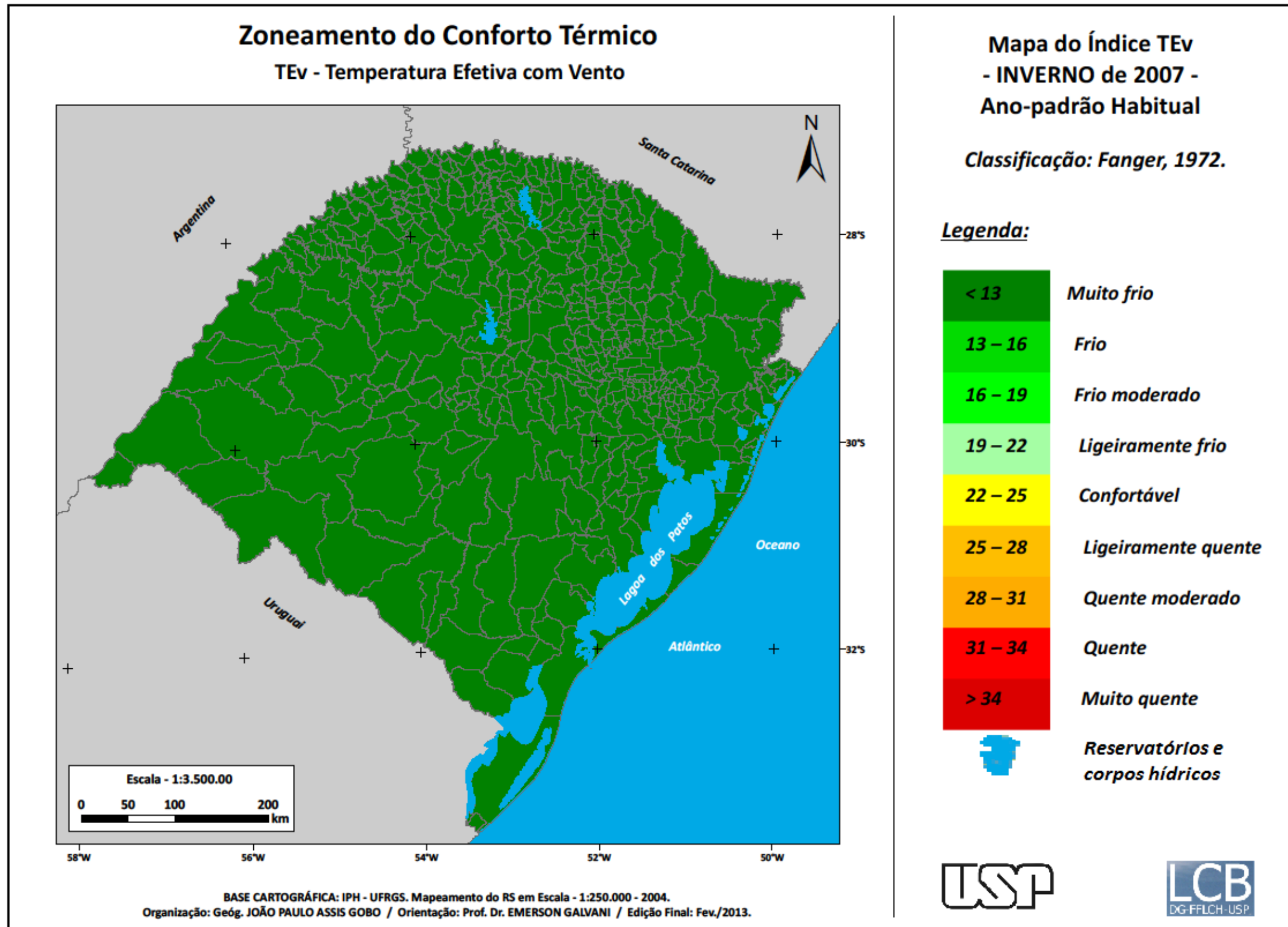


Figura 53: Mapa do Zoneamento do Conforto Térmico para o inverno do ano-padrão habitual (2007).
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

6.2.4 - Zoneamento médio sazonal dos Anos-Padrão

Ao se fazer uma análise dos zoneamentos do conforto térmico para primavera, verão, outono e inverno dos três anos- padrão analisados (2002, 2004 e 2007), notou-se a grande diferença entre as situações de outono e inverno, em relação aos zoneamentos da primavera e do verão.

Em parte, isso pode ser associado ao uso de dois índices de conforto térmico diferentes (TR, primavera e verão; TEv, outono e inverno), sendo que um deles utiliza a variável vento na sua equação (TEv) e o outro não (TR). Porém, em função do que já foi justificado na metodologia, a utilização do vento no cálculo do conforto térmico para os meses de primavera e verão no Rio Grande do Sul não é determinante, pois trata-se dos meses com menor frequência de ventos, na média, para o Estado. Sendo assim, a maior homogeneidade apresentada no zoneamento dos invernos dos anos-padrão bem como nos outonos dos anos-padrão habituais e menos chuvosos, deve-se a alguma influência da dinâmica atmosférica regional, a qual será tratada no próximo capítulo.

No entanto, pode-se inferir para o zoneamento do conforto térmico para as estações de primavera e verão dos três anos-padrão que a distribuição das faixas de sensação térmica classificadas nesses zoneamentos vem relacionada à possível influência de controles geográficos, tais como a altitude, a continentalidade, a maritimidade e a latitude das diferentes regiões do Rio Grande do Sul.

Para tanto, como foi exposto na metodologia desta pesquisa, foi elaborado o zoneamento sazonal médio do três anos-padrão estudados, a partir da elaboração de quatro mapas de zoneamento do conforto térmico do Rio Grande do Sul referentes às três primaveras, aos três verões, aos três outonos e aos três invernos dos três anos-padrão, através da sobreposição destes, o que resultou nos quatro mapas de zoneamento médio sazonal dos anos-padrão.

A seguir, visualiza-se a análise dos quatro zoneamentos sazonais médios do conforto térmico para os três anos-padrão estudados no Rio Grande do Sul (Figura 54).

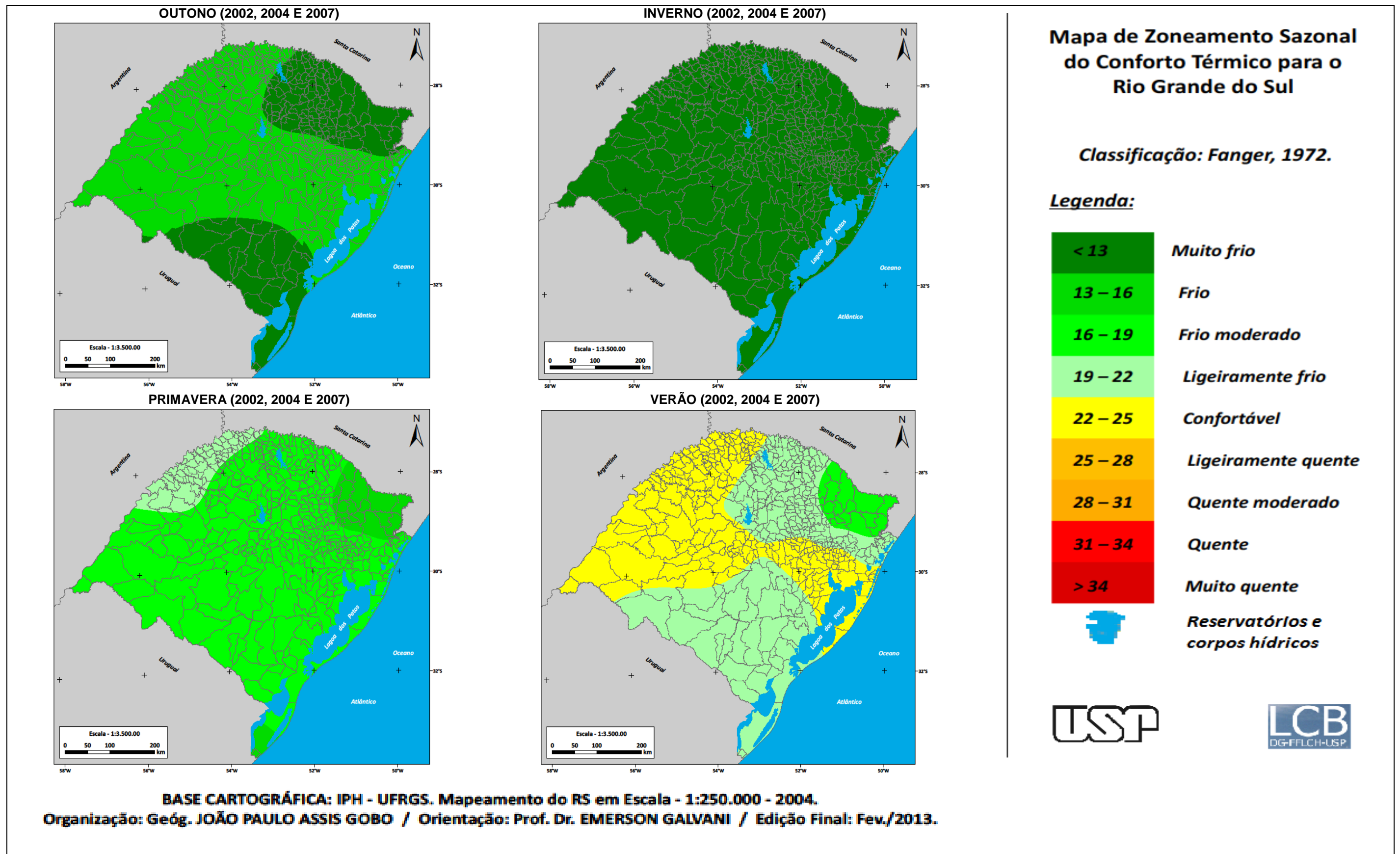


Figura 54: Mapa do Zoneamento do Conforto Térmico sazonal para os anos-padrão 2002, 2004 e 2007.
 Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

✓ **Primavera;**

A análise do zoneamento do conforto térmico para as três primaveras referentes aos três anos-padrão estudados mostra-se bastante semelhante à primavera do ano-padrão habitual (2007), apresentando três faixas de sensação térmica definidas como "Frio", "Frio Moderado" e "Ligeiramente Frio".

Destas, a que ocupa a maior área do Estado é a de "Frio Moderado", com índice TR médio variando entre 16°C e 19°C e ocupando praticamente todo o Rio Grande do Sul, com exceção da região do vale do rio Uruguai, no noroeste do estado, e da região da serra de nordeste, as quais estão classificadas na faixa de "Ligeiramente Frio" e "Frio", respectivamente.

✓ **Verão;**

O zoneamento do verão, por sua vez, apresenta-se muito semelhante ao zoneamento do verão para o ano-padrão mais chuvoso (2002), também com três faixas de sensação térmica classificadas, sendo estas a de "Frio Moderado", "Ligeiramente Frio" e "Confortável".

Nota-se nesse zoneamento, assim como nos demais zoneamentos para os verões dos anos-padrões, uma interessante relação entre o relevo, a continentalidade e a latitude das diferentes regiões do Rio Grande do Sul, o que é bastante determinante na distribuição das faixas classificadas.

As áreas "mais frias", do ponto de vista do conforto térmico, estão restritas às regiões mais altas do estado, na serra de nordeste, próximas à divisa com o estado de Santa Catarina, classificadas na faixa "Frio Moderado", com índice TR médio entre 16°C e 19°C. Toda a faixa central do Rio Grande do Sul, bem como o oeste do estado e parte da faixa litorânea, onde a altitude não passa dos 300m, está classificada na faixa de "Confortável", com índice TR médio entre 22°C e 25°C. A maior parte do Estado está classificada dentro da faixa de sensação térmica de "Ligeiramente Frio", com índice TR médio oscilando entre 19°C e 22°C, o que pode se associar à altitude média dessas regiões (entre 300m e 700m) e a disposição latitudinal delas, no que diz respeito à parcela sul do Estado.

✓ **Outono;**

O zoneamento do conforto térmico médio dos três outonos estudados apresenta apenas duas faixas de sensação térmica classificadas, tanto quanto o zoneamento dos outonos dos anos-padrão menos chuvosos e habituais (2004 e 2007 respectivamente).

As faixas de sensação térmica em questão são as de "Muito Frio" e "Frio Moderado", sendo a primeira restrita à metade sul do Estado, ocupando parte do litoral sul e da campanha gaúcha, na região da fronteira com o Uruguai, e a serra do nordeste, ocupando também uma pequena parcela do planalto.

A faixa de sensação térmica de "Frio Moderado", abrange todo o oeste e noroeste do Rio Grande do Sul, a região central do Estado e a faixa litorânea, desde o sul da Lagoa dos Patos até a divisa com Santa Catarina.

Novamente nota-se a influência dos controles geográficos na disposição das duas faixas de sensação térmica classificadas no zoneamento médio do outono dos anos padrões.

✓ **Inverno;**

O zoneamento médio dos invernos dos três anos-padrão estudados mostra-se completamente homogêneo, como esperado, com todo o Rio Grande do Sul inserido na faixa de sensação térmica de "Muito Frio", com índice TE_v médio menor que 13°C, o que, de fato, não se assemelha aos demais zoneamentos realizados, em virtude da possível não influência dos fatores geográficos na determinação da distribuição das faixas classificadas.

6.3 – Inserção da Dinâmica Climática no Zoneamento do Conforto Térmico

Nesta etapa da pesquisa, realizou-se a investigação da circulação atmosférica regional e dos sistemas produtores do tempo e do clima, a fim de se verificar a participação dos mesmos na definição dos padrões de classificação do conforto térmico, no território do Rio Grande do Sul.

Para isso, analisou-se a participação dos sistemas atmosféricos nos anos-padrão mais chuvosos, menos chuvosos e habituais, para a estação meteorológica de

Santa Maria, localizada no centro do Estado, a fim de se elaborar, com isso, a regionalização climática final.

Conforme salientado na metodologia desta pesquisa, investigaram-se os sistemas atmosféricos mais atuantes nos meses de primavera, verão, outono e inverno, representados pelos meses de outubro, janeiro, abril e julho, respectivamente, dos anos de 2002, 2004 e 2007.

6.3.1 - Ano-Padrão Mais Chuvoso (2002)

✓ Primavera (Outubro 2002)

Na primavera do ano-padrão mais chuvoso, houve uma grande participação de sistemas frontais (Frente Polar Atlântica -FPA) e de Frentes Estacionárias (FE), o que determinou a grande pluviosidade da estação, com 25,8% e 29,0% das participações, respectivamente. Dentre as massas de ar, destaca-se a Massa Polar Atlântica (MPA), com 35,5% de dias de domínio, a Massa Polar Velha (MPV), que dominou somente 3,2% do mês, e a Massa Tropical Continental (MTC), com 6,5% de participação (Tabela 14).

Observa-se, também na tabela 14, a classificação das faixas de sensação térmica associadas a cada um dos sistemas atuantes, durante o mês de outubro do ano-padrão mais chuvoso. Pode-se verificar que, em 22,6% dos dias do mês, a faixa de sensação térmica classificada era de "Ligeiramente Frio", associada a sistemas de Frentes Estacionárias (FE), enquanto 12,9% dessa faixa estava associada à atuação da Massa Polar Atlântica (MPA). Há também a participação de sistemas como a Frente Polar Atlântica (FPA), a Massa Tropical Continental (MTC) e a Massa Polar Velha (MPV), na classificação da faixa de sensação térmica de "Ligeiramente Frio", totalizando 51,6% dos dias do mês classificados nessa faixa de sensação térmica.

A faixa de sensação térmica de "Confortável" vem em seguida no número de dias classificados, com 22,6% dos dias do mês, sendo 9,7% dos dias associada à Massa Polar Atlântica (MPA), 6,5% dos dias associada à Frente Polar Atlântica (FPA) e 3,2% dos dias associada à Frente Estacionária (FE) e à Massa Tropical Continental.

Tabela 14 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes na primavera do ano-padrão mais chuvoso (2002).

Faixas de Conforto	Sistemas Atmosféricos										Percentual de ocorrência das classes (%)
	MPA	Percentual (%)	MPV	Percentual (%)	MTC	Percentual (%)	FPA	Percentual (%)	FE	Percentual (%)	
Muito frio	1	3,2	0	0	0	0	0	0	0	0	3,2
Frio	1	3,2	0	0	0	0	1	3,2	0	0	6,5
Frio Moderado	2	6,5	0	0	0	0	2	6,5	1	3,2	16,1
Ligeiramente frio	4	12,9	1	3,2	1	3,2	3	9,7	7	22,6	51,6
Confortável	3	9,7	0	0	1	3,2	2	6,5	1	3,2	22,6
Ligeiramente Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente Moderado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muito Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Percentual de Sistemas Atmosféricos no Mês(%)	35,5	0,0	3,2	0,0	6,5	0,0	25,8	0,0	29,0	0,0	

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

Estão também classificadas as faixas de sensação térmica de "Muito Frio", "Frio" e "Frio Moderado", associadas às massas Polar Atlântica (MPA), Frente Polar Atlântica (FPA) e Frente Estacionária (FE), porém com pouca representação do total dos dias do mês, com 3,2%, 6,5% e 16,1%, respectivamente.

De maneira geral, pode-se induzir que não há grande relação entre a classificação das faixas de sensação térmica durante o mês representativo da primavera para o ano-padrão mais chuvoso e os sistemas atmosféricos atuantes durante esse mês.

A análise geral do mês de outubro, representativo do ano-padrão mais chuvoso, pode ser observada de maneira mais detalhada, a partir do gráfico de análise rítmica (Anexo 1).

✓ **Verão (Janeiro 2002)**

Em janeiro de 2002, a maior participação da MPV em relação à MPA torna-se evidente, com 38,7% e 19,4%, respectivamente, além do surgimento da atuação da Massa Tropical Atlântica (MTA), com 9,7% de domínio do total dos dias do mês, sendo que sua atuação não havia dominado durante a primavera, e também 3,2% de participação da MTC, com formação de instabilidade tropical e precipitação pluviométrica. Entre os sistemas atmosféricos produtores de chuva, salientam-se a FPA, com 9,7% de atuação, a Frente Quente (FQ), com 3,2%, e a grande participação de Ciclogêneses, com 16,1% de atuação, o que caracterizou um verão chuvoso (Tabela 15).

Do ponto de vista do conforto térmico, houve a classificação de três faixas de sensação térmica para o mês representativo do verão de 2002, sendo elas "Ligeiramente Frio" (16,1% dos dias), "Confortável" (74,2% dos dias) e "Ligeiramente Quente" (9,7% dos dias). Chama-se a atenção para a classificação da faixa de "Ligeiramente Quente": pela primeira vez, na pesquisa, está entre as demais no processo de zoneamento do conforto térmico. Porém não há uma tendência de determinado sistema atmosférico na determinação dessas faixas de sensação térmica, tendo sido observado 32,3% dos dias com sensação térmica "Confortável" associada à MPV, 12,9% à MPA, 12,9% à Ciclogênese, 6,5% à FPA e à MTA e apenas 3,2% associada à MTC.

Tabela 15 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no verão do ano-padrão mais chuvoso (2002).

Faixas de Conforto	Sistemas Atmosféricos												Percentual de ocorrência das classes (%)
	MPA	Percentual (%)	MTA	Percentual (%)	MPV	Percentual (%)	MTC	Percentual (%)	FPA	Percentual (%)	C	Percentual (%)	
Muito frio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frio Moderado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ligeiramente frio	2	6,5	1	3,2	0	0	0	0	1	3,2	1	3,2	16,1
Confortável	4	12,9	2	6,5	10	32,3	1	3,2	2	6,5	4	12,9	74,2
Ligeiramente Quente	0	0	1	3,2	2	6,5	0	0	0	0	0	0	9,7
Quente Moderado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muito Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Percentual de Sistemas Atmosféricos no Mês(%)	19,4	0	12,9	0	38,7	0	3,2	0,0	9,7	0,0	16,1	0,0	

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

A faixa de sensação térmica de "Ligeiramente Frio", no entanto, teve 3,2% de atuação associada à MTA, FPA e à Ciclogênese e 6,5% de atuação associada à MPA, não se podendo observar como tendo sido determinante, nessa classificação, a dinâmica atmosférica.

Por fim, a faixa de sensação térmica de "Ligeiramente Quente" foi observada em apenas três dias, sendo 3,2% do total dos dias do mês associada à MTA e 6,5% à MPV, sistemas estes característicos de temperaturas elevadas, no Rio Grande do Sul (Anexo 1).

✓ **Outono (Abril 2002)**

No mês de abril de 2002, mês representativo da estação de outono, houve um aumento da participação da MPA, com 53,3% de atuação, em relação à MPV, com 3,3% de atuação do total dos dias do mês, além de um dia com domínio da MTC. A situação de elevada precipitação, na referida estação, está associada à grande participação de FPAs que estacionavam sobre o Estado (FE), representando 20% dos dias do mês (Tabela 16).

Houve, portanto, uma maior associação da MPA na classificação de quatro diferentes faixas de sensação térmica. A faixa de "Muito Frio" apresenta 26,7% do total dos dias do mês associada à MPA e 3,3% associada à MTC.

A faixa de sensação térmica de "Frio" mostra-se 3,3% dos dias do mês associada à MPA e à FPA, enquanto 10,0% dos dias do mês apresentam a faixa de "Frio" associada à FE.

Do total dos dias do mês de abril de 2002, 3,3% estão classificados na faixa de sensação térmica de "Frio Moderado" e associados à MPA, 3,3% associados à FQ e 3,3% à Ciclogênese, enquanto 10% estão associados à FPA e, novamente, 10% à FE.

Por fim, a faixa de sensação térmica de "Ligeiramente Frio" teve 20% do total dos dias do mês em que ocorreu associados à MPA e 3,3% associados à MPV.

Novamente observando de maneira mais detalhada o gráfico de análise rítmica (Anexo 1) e a frequência de ocorrências das faixas de sensação térmica em relação aos sistemas atmosféricos, na tabela 16, não é possível inferir relação determinante com a dinâmica atmosférica, na classificação dessas faixas no outono de 2002.

Tabela 16 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no outono do ano-padrão mais chuvoso (2002)

Faixas de Conforto	Sistemas Atmosféricos														Percentual de ocorrência das classes (%)
	MPA	Percentual (%)	MPV	Percentual (%)	MTC	Percentual (%)	FPA	Percentual (%)	FQ	Percentual (%)	FE	Percentual (%)	C	Percentual (%)	
Muito frio	8	26,7	0	0	1	3,3	0	0	0	0	0	0	0	0	30,0
Frio	1	3,3	0	0	0	0	1	3,3	0	0	3	10,0	0	0	16,7
Frio Moderado	1	3,3	0	0	0	0	3	10,0	1	3,2	3	10,0	1	3,3	30,0
Ligeiramente frio	6	20,0	1	3,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23,3
Confortável	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ligeiramente Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente Moderado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muito Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Percentual de Sistemas Atmosféricos no Mês(%)	53,3	0	3,3	0	3,3	0	13,3	0	3,3	0	20,0	0	3,3	0	

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

✓ **Inverno (julho 2002)**

No mês representativo do inverno do ano-padrão mais chuvoso, foi notório o aumento da participação de MPAs, mais fortes em função do resfriamento do Hemisfério Sul, enquanto a MPV foi responsável pela atuação em apenas 3,2% dos dias. As FPA's dominaram em cerca de 15% dos dias, enquanto a FE dominou 6,5% dos dias do mês. A Ciclogênese foi responsável por 6,5% dos dias do mês (Tabela 17).

Observa-se, na análise do percentual de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no inverno de 2002, que a MPA é responsável por 64,5% dos dias classificados na faixa de "Muito Frio", 3,2% dos dias classificados na de "Frio" e 3,2% dos dias classificados na faixa de "Frio Moderado".

A MPV, por sua vez, teve sua frequência de ocorrência enfraquecida, correspondendo apenas a 3,2% dos dias classificados na faixa de "Muito Frio". A faixa de sensação térmica de "Muito Frio" também foi classificada para 9,7% dos dias associados à FPA, 3,2% deles associados à FE e 3,2% dos dias associados a Ciclogênese. A sensação térmica de "Frio" foi classificada em 6,5% dos dias associados a FPA, 3,2% dos dias associados a FE e 3,2% com domínio de Ciclogênese.

É possível, neste caso do inverno do ano-padrão mais chuvoso, associar de maneira clara a influência dos sistemas atmosféricos na determinação das faixas de sensação térmica classificadas no Rio Grande do Sul, o que pode ser mais bem analisado observando-se, no anexo 1, o gráfico da análise rítmica para julho de 2002.

Tabela 17 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no inverno do ano-padrão mais chuvoso (2002).

Faixas de Conforto	Sistemas Atmosféricos										Percentual de ocorrência das classes (%)
	MPA	Percentual (%)	MPV	Percentual (%)	FPA	Percentual (%)	FE	Percentual (%)	C	Percentual (%)	
Muito frio	20	64,5	1	3,2	3	9,7	1	3,2	1	3,2	83,9
Frio	1	3,2	0	0	2	6,5	1	3,2	1	3,2	16,1
Frio Moderado	1	3,2	0	0	0	0	0	0	0	0	3,2
Ligeiramente frio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Confortável	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ligeiramente Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente Moderado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muito Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Percentual de Sistemas Atmosféricos no Mês(%)	71,0	0,0	3,2	0,0	16,1	0,0	6,5	0,0	6,5	0,0	

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

6.3.2 - Ano-Padrão Menos Chuvoso (2004)

✓ Primavera (Outubro 2004)

A primavera do ano-padrão menos chuvoso apresenta o predomínio da participação de MPAs, com 51,6% dos dias, caracterizadas do ponto de vista térmico, porém enfraquecidas do ponto de vista barométrico, como pode ser observado no gráfico de análise rítmica, no anexo 2. Em seguida, vem o domínio da MPV, com 12,9% de participação e predomínio de rápidas passagens frontais (FPAs), dominando 26% dos dias (Tabela 18).

Há, neste caso, o predomínio das faixas de sensação térmica de "Frio" e "Frio Moderado" associadas à MPA, com 26,6% do total dos dias do mês cada uma. A faixa de "Frio" também tem 3,2% dos dias associada à MPV e a FPA, enquanto a faixa de "Frio Moderado" apresenta-se em 9,7% deles associada à FPA, 6,5% à FE, 3,3% à MPV e 3,2% à FQ.

Também foi classificada a faixa de sensação térmica de "Ligeiramente Frio", sendo esta associada à FPA em 9,7% dos dias do mês, à MPA em 6,5% e à MPV em 6,5% dos dias.

Nota-se, no entanto, que diferentemente do inverno de 2002, anteriormente analisado no item 6.3.1, na primavera não há uma tendência de associação da dinâmica atmosférica na determinação das faixas de conforto térmico classificadas para o Rio Grande do Sul. Isso pode ser observado, comparando-se as duas situações apresentadas nos gráficos do anexo 1 e 2.

✓ Verão (Janeiro 2004)

No verão de 2004, ano-padrão menos chuvoso, houve grande domínio da MPV, 51,6% dos dias, porém com totais menores de umidade (Anexo 2). A FPA também teve boa participação durante o mês representativo do verão de 2004, com 16,1% do total dos dias, e em geral esta estacionou sobre o Estado devido à fraca frontogênese, na maioria dos casos, provocando apenas nebulosidade e pouca chuva, além de dois dias de ciclogênese (C) e um dia de FQ (Tabela 19).

Tabela 18 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes na primavera do ano-padrão menos chuvoso (2004).

Faixas de Conforto	Sistemas Atmosféricos										Percentual de ocorrência das classes (%)
	MPA	Percentual (%)	MPV	Percentual (%)	FPA	Percentual (%)	FQ	Percentual (%)	FE	Percentual (%)	
Muito frio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frio	7	22,6	1	3,2	1	3,2	0	0	0	0	29,0
Frio Moderado	7	22,6	1	3,2	3	9,7	1	3,2	2	6,5	45,2
Ligeiramente frio	2	6,5	2	6,5	3	9,7	0	0	1	3,2	25,8
Confortável	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ligeiramente Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente Moderado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muito Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Percentual de Sistemas Atmosféricos no Mês(%)	51,6	0	12,9	0	22,6	0	3,2	0	9,7	0	

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

Observa-se, na tabela 19, que houve a classificação de quatro faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no verão do ano-padrão menos chuvoso. Porém, a faixa de "Confortável" teve maior predomínio entre as classificadas, sendo que em 38,7% dos dias esteve associada à MPV, 16,1% dos dias à FPA, 16,1% à FE, 3,2% à FQ e 3,2% à Ciclogênese.

A faixa de "Ligeiramente Quente" teve 6,5% dos dias do mês associados à MPV, 3,2% à FE e 3,2% à C, enquanto a faixa de sensação térmica de "Ligeiramente Frio" foi classificada em apenas dois episódios associados à MPV, representando 6,5% do total dos dias do mês. A faixa de sensação térmica de "Frio Moderado" foi classificada em apenas um dia do mês, associada a uma situação atmosférica de domínio da MPV.

✓ **Outono (Abril 2004)**

O outono de 2004, representado pelo mês de abril, apresentou uma situação de quase igualdade na participação da MPA e da MPV, com 30,0% e 33,3% dos dias de domínio no mês, respectivamente, além de oito passagens frontais que representaram 26,7% do total de dias, cuja fraca frontogênese provocou apenas o aumento da nebulosidade, com registro de pouca precipitação, além de dois dias de precipitação em função da atuação da MTC (Anexo 2).

Esses aspectos da dinâmica atmosférica da área de estudo, nos meses de outono, já foram observados por Sartori (2003), que verificou o predomínio dos Sistemas Extratropicais com maior frequência da MPA em relação ao verão. Isso se deve ao início da intensificação do Anticiclone Polar Atlântico, originando Massas Polares mais definidas e persistentes, pois os processos de tropicalização tornam-se mais demorados devido à declinação do sol, que leva à gradativa diminuição da entrada de radiação solar e, conseqüentemente, do processo de aquecimento.

O que pode ser observado na análise da dinâmica atmosférica para o outono do ano-padrão menos chuvoso é um maior número de faixas de sensação térmica classificadas em relação a um número menor de sistemas atmosféricos atuantes, diferentemente dos meses anteriormente analisados, sendo a faixa de "Muito Frio" associada à MPA em 23,3% do total de dias do mês, e à FPA em 6,7% dos dias.

Tabela 19 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no verão do ano-padrão menos chuvoso (2004).

Faixas de Conforto	Sistemas Atmosféricos												Percentual de ocorrência das classes (%)
	MPA	Percentual (%)	MPV	Percentual (%)	FPA	Percentual (%)	FQ	Percentual (%)	FE	Percentual (%)	C	Percentual (%)	
Muito frio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frio Moderado	1	3,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,2
Ligeiramente frio	0	0	2	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0	6,5
Confortável	0	0	12	38,7	5	16,1	1	3,2	5	16,1	1	3,2	77,4
Ligeiramente Quente	0	0	2	6,5	0	0	0	0	1	3,2	1	3,2	12,9
Quente Moderado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muito Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Percentual de Sistemas Atmosféricos no Mês(%)	3,2	0	51,6	0	16,1	0	3,3	0	19,4	0	6,5	0	

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

A faixa de "Frio" foi classificada em dois dias do mês, sendo um associado a uma situação atmosférica de domínio da MPV, e outro, ao domínio da FPA que, por sua vez, também teve um episódio associado à faixa de sensação térmica de "Frio Moderado", dois episódios associados à faixa de "Ligeiramente Frio" e dois associados à de "Confortável".

A faixa de sensação térmica de "Frio Moderado" também teve 3,3% dos dias do mês associados à MTC e 10,0% à MPV, enquanto a faixa de "Ligeiramente Frio" teve 13,3% dos dias associados à MPV e 6,7% à MPA. Já a faixa de sensação térmica de "Confortável" apresentou 6,7% dos dias do mês sob domínio da MPV e 3,3% associados à MTC (Tabela 20).

✓ **Inverno (Julho 2004)**

No inverno de 2004, novamente é percebido o aumento da participação da Massa Polar Atlântica (MPA), representando 54,8% do total dos dias do mês, embora se note um aumento no número de passagens frontais em comparação com o mesmo período em 2002. No entanto, tais passagens frontais foram rápidas, e o contraste higrométrico entre as massas polares não foi suficiente para provocar grandes volumes de precipitação, inclusive quando houve participação de FE e C.

Houve, todavia, quatro faixas de sensação térmica classificadas no inverno de 2004, sendo a ocorrência da faixa de "Ligeiramente Frio" associada à MPA em apenas um dia do mês, enquanto a faixa de "Muito Frio" apresentou 45,2% do total de dias do mês sob domínio da MPA, 12,9% dos dias associados à MPV, 16,1% à FPA, 6,5% à FE e 3,2% à Ciclogênese. A faixa de "Frio" e a de "Frio Moderado" tiveram, respectivamente, 6,5% do total dos dias do mês sob domínio da MPA e 6,5% da FPA.

O que se observa novamente, na situação de inverno, é uma maior relação entre a dinâmica atmosférica regional e a classificação das faixas de sensação térmica para o mês representativo de inverno do ano-padrão menos chuvoso no Rio Grande do Sul.

Tabela 20 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no outono do ano-padrão menos chuvoso (2004).

ABRIL DE 2004/OUTONO		Sistemas Atmosféricos							Percentual de ocorrência das classes (%)
Faixas de Conforto	MPA	Percentual (%)	MPV	Percentual (%)	MTC	Percentual (%)	FPA	Percentual (%)	
Muito frio	7	23,3	0	0	0	0	2	6,7	29,0
Frio	0	0	1	3,3	0	0	1	3,3	6,5
Frio Moderado	0	0	3	10,0	1	3,3	1	3,3	16,1
Ligeiramente frio	2	6,7	4	13,3	0	0	2	6,7	25,8
Confortável	0	0	2	6,7	1	3,3	2	6,7	16,1
Ligeiramente Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente Moderado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muito Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Percentual de Sistemas Atmosféricos no Mês(%)	30,0	0,0	33,3	0,0	6,7		26,7	0,0	

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

Tabela 21 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no inverno do ano-padrão menos chuvoso (2004).

Faixas de Conforto	Sistemas Atmosféricos										Percentual de ocorrência das classes (%)
	MPA	Percentual (%)	MPV	Percentual (%)	FPA	Percentual (%)	FE	Percentual (%)	C	Percentual (%)	
Muito frio	14	45,2	4	12,9	5	16,1	2	6,5	1	3,2	83,9
Frio	2	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0	6,5
Frio Moderado	0	0	0	0	2	6,5	0	0	0	0	6,5
Ligeiramente frio	1	3,2	0	0	0	0	0	0	0	0	3,2
Confortável	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ligeiramente Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente Moderado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muito Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Percentual de Sistemas Atmosféricos no Mês(%)	54,8	0	12,9	0	22,6	0	6,5	0	3,2	0	

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

6.3.3 - Ano-Padrão Habitual (2007)

✓ Primavera (Outubro 2007)

A primavera do ano-padrão habitual (2007), pode ser caracterizada pela participação variada tanto de sistemas atmosféricos intertropicais quanto extratropicais, tais como a MPA com 22,6% de atuação, a MPV com 29%, a MTC com 19,4%, a FPA com 16,1% a FQ com 6,5% e a Ciclogênese com atuação em 3,2% do total dos dias do mês (Tabela 22).

Neste sentido, observa-se que apesar da variada participação dos sistemas atmosféricos, houve apenas três faixas de sensação térmica classificadas no mês, o que denota baixa relação entre a dinâmica atmosférica regional influenciando no conforto térmico (Anexo 3).

A faixa de sensação térmica de "Frio Moderado" apresenta 22,6% do total de dias do mês associada a MPA, 3,2% a MPV, 3,2% a FPA e 3,2% a MTA, a faixa de sensação térmica de "Ligeiramente Frio" mostra-se a mais variável em relação aos sistemas atmosféricos, sendo 19,4% do total dos dias do mês com esta faixa associados a MPV, 19,4% a MTC, 3,2% a FPA, 3,2% a MTA, 3,2% a FE e 3,2% a C, totalizando um percentual de 51,6% dos dias do mês classificados na faixa de "Ligeiramente Frio".

Por fim, a faixa de sensação térmica "Confortável" apresenta 6,5% do total de dias do mês sob domínio da MPV e 9,7% associada a FPA, o que é característico do aquecimento atmosférico provocado durante a atuação desses sistemas.

✓ Verão (Janeiro 2007)

O mês de Janeiro de 2007 caracterizou-se pela maior participação de massas de ar tropicais em relação aos anos de 2004 e 2002, com 16,1% de participação da MTA, 6,5% da MTC, além do típico domínio, para essa época do ano, da MPV, com 45,2% do total dos dias do mês. As passagens frontais representaram 12,9% dos dias, provocando precipitação nos totais médios normais (Anexo 3).

Tabela 22 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes na primavera do ano-padrão habitual (2007).

Faixas de Conforto	Sistemas Atmosféricos														Percentual de ocorrência das classes (%)
	MPA	Percentual (%)	MPV	Percentual (%)	FPA	Percentual (%)	MTA	Percentual (%)	MTC	Percentual (%)	FE	Percentual (%)	C	Percentual (%)	
Muito frio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frio Moderado	7	22,6	1	3,2	1	3,2	1	3,2	0	0	0	0	0	0	32,3
Ligeiramente frio	0	0	6	19,4	1	3,2	1	3,2	6	19,4	1	3,2	1	3,2	51,6
Confortável	0	0	2	6,5	3	9,7	0	0	0	0	0	0	0	0	16,1
Ligeiramente Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente Moderado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muito Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Percentual de Sistemas Atmosféricos no Mês(%)	22,6	0	29,0	0	16,1	0	6,45		19,4	0	3,2	0	3,2	0	

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

Dentre as faixas de sensação térmica classificadas para o verão de 2007, a faixa de "Ligeiramente Frio" apresenta 6,5% dos dias do mês sob domínio da MPA, 12,9% sob domínio da MPV e 3,2% associados à FQ, enquanto a faixa "Confortável" apresenta 19,4% do total de dias do mês sob domínio da MPV, 9,7% associados à FPA, 6,5% sob influência da FE, 3,2% à MTC e 3,2% à MPA.

A faixa de sensação térmica de "Ligeiramente Quente", por sua vez, teve 16,1% do total dos dias do mês associados à MTA, 12,9% sob domínio da MPV e 3,2% à FPA (Tabela 23).

✓ **Outono (Abril 2007)**

O outono do ano-padrão habitual mostrou uma participação de 33,3% da MPA, 23,3% da MPV e 3,3% da MTC, além de FPAs mais intensas e com 23,3% de participação do total dos dias do mês, porém provocando precipitação, dentro da normalidade climática sazonal, com a presença de FE e C, que representaram 6,7% e 10% de participação no mês, respectivamente (Anexo 3).

Do ponto de vista do conforto térmico, o outono de 2007 apresentou cinco faixas de sensação térmica classificadas, dentre as quais a faixa de "Confortável" apresentou apenas 6,7% do total dos dias do mês sob domínio da FPA.

A faixa de "Ligeiramente Frio" apresentou 6,7% dos dias sob domínio da MPA, 16,7% sob domínio da MPV e 6,7% sob influência da FPA, enquanto a faixa de sensação térmica de "Frio Moderado" teve 3,3% de dias associados a MPV, FPA, MTC, FE e C, totalizando 16,7% do total dos dias do mês classificados nessa faixa.

A faixa de "Frio" teve 13,3% do total dos dias do mês associados à MPA, 6,7% sob domínio da FPA e 3,3% à FE e à Ciclogênese, somando-se um total de 26,7% de dias classificados nessa faixa de sensação térmica no mês, enquanto a faixa de sensação térmica de "Muito Frio" apresentou 13,3% dos dias sob domínio da MPA e 3,3% da MPV (Tabela 24).

Tabela 23 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no verão do ano-padrão habitual (2007).

Faixas de Conforto	Sistemas Atmosféricos														Percentual de ocorrência das classes (%)
	MPA	Percentual (%)	MTC	Percentual (%)	MTA	Percentual (%)	MPV	Percentual (%)	FPA	Percentual (%)	FQ	Percentual (%)	FE	Percentual (%)	
Muito frio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frio Moderado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ligeiramente frio	2	6,5	0	0	0	0	4	12,9	0	0	1	3,2	0	0	22,6
Confortável	1	3,2	1	3,2	0	0	6	19,4	3	9,7	0	0	2	6,5	41,9
Ligeiramente Quente	0	0	1	0	5	16,1	4	12,9	1	3,2	0	0	0	0	35,5
Quente Moderado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muito Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Percentual de Sistemas Atmosféricos no Mês(%)	9,7	0	6,45		16,1		45,2	0	12,9	0	3,2	0	6,5	0	

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

Tabela 24 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no outono do ano-padrão habitual (2007).

Faixas de Conforto	Sistemas Atmosféricos												Percentual de ocorrência das classes (%)
	MPA	Percentual (%)	MPV	Percentual (%)	FPA	Percentual (%)	MTC	Percentual (%)	FE	Percentual (%)	C	Percentual (%)	
Muito frio	4	13,3	1	3,3	0	0	0	0	0	0	0	0	16,7
Frio	4	13,3	0	0	2	6,7	0	0	1	3,3	1	3,3	26,7
Frio Moderado	0	0	1	3,3	1	3,3	1	3,3	1	3,3	1	3,3	16,7
Ligeiramente frio	2	6,7	5	16,7	2	6,7	0	0	0	0	1	3,3	33,3
Confortável	0	0	0	0	2	6,7	0	0	0	0	0	0	6,7
Ligeiramente Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente Moderado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muito Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Percentual de Sistemas Atmosféricos no Mês(%)	33,3	0	23,3	0	23,3	0	3,3	0	6,7	0	10,0	0	

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

✓ **Inverno (Julho 2007)**

Por fim, o Inverno de 2007, assim como os demais, apresentou o predomínio da MPA, com 71% do total dos dias do mês, sendo muito semelhante ao inverno de 2002 no que diz respeito à sucessão de sistemas atmosféricos, porém diferente nos totais pluviométricos apresentados, com as FPA e FE dominando em praticamente 15% dos dias e 12,9% destes sob domínio de Ciclogênese.

Nota-se, novamente, a forte relação entre os sistemas atmosféricos atuantes e a determinação das faixas de sensação térmica, sendo 64,5% dos dias com domínio da MPA classificados na faixa de sensação térmica de "Muito Frio", 3,2% na faixa de "Frio" e "Frio Moderado".

A FPA teve 9,7% dos dias classificados na faixa de "Muito Frio" e 3,2% na faixa de "Ligeiramente Frio", enquanto a FE e a C foram responsáveis por 3,2% e 12,9% dos dias classificados na faixa de sensação térmica de "Muito Frio", respectivamente.

Tabela 25 – Porcentagem de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas aos sistemas atmosféricos atuantes no inverno do ano-padrão habitual (2007).

JULHO DE 2007/INVERNO		Sistemas Atmosféricos							Percentual de ocorrência das classes (%)
Faixas de Conforto	MPA	Percentual (%)	FPA	Percentual (%)	FE	Percentual (%)	C	Percentual (%)	
Muito frio	20	64,5	3	9,7	1	3,2	4	12,9	90,3
Frio	1	3,2	0	0	0	0	0	0	3,2
Frio Moderado	1	3,2	0	0	0	0	0	0	3,2
Ligeiramente frio	0	0	1	3,2	0	0	0	0	3,2
Confortável	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ligeiramente Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente Moderado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muito Quente	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Percentual de Sistemas Atmosféricos no Mês(%)	71,0	0	12,9	0	3,2	0	12,9	0	

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

6.4 – Zoneamento Final e Regionalização Climática do Rio Grande do Sul

Este capítulo apresenta os resultados finais da pesquisa, tais como o zoneamento final do conforto térmico humano para o Rio Grande do Sul e a proposta de regionalização climática para o Estado, a partir do zoneamento realizado.

Para tanto, realizou-se o zoneamento final do conforto térmico humano para o Estado, tal como descrito no item 5.4 do capítulo 5 desta pesquisa, que deu origem ao mapa da figura 55. Este apresenta seis zonas distintas, do ponto de vista do conforto térmico humano, no estado do Rio Grande do Sul. São elas:

✓ *Zona Ia*

Representada pela região da serra do nordeste, com parte leste do Planalto da Bacia do Paraná. Caracterizada por conforto térmico humano classificado na faixa de sensação térmica de "Muito Frio", com índice TEv e TR médio menor que 13°C.

✓ *Zona Ib*

Abrange a maior parte da metade sul do Estado, ocupando a parte sul do escudo sul-riograndense e da região da campanha, na divisa com o Uruguai. Assim como a zona "Ia", caracteriza-se por conforto térmico humano classificado na faixa de sensação térmica de "Muito Frio", com índice TEv e TR médio menor que 13°C.

✓ *Zona II*

Representa a zona de maior abrangência no território do Rio Grande do Sul, estendendo-se desde o litoral a leste até a tríplice fronteira entre Brasil, Uruguai e Argentina, no extremo oeste. Também se prolonga para o norte, até a divisa com Santa Catarina, e ocupa áreas do planalto, da depressão periférica, do litoral e da campanha gaúcha. Caracteriza-se por ser uma zona de conforto térmico humano classificado na faixa de sensação térmica de "Frio", com índice TEv e TR médio oscilando entre 13°C e 16°C.

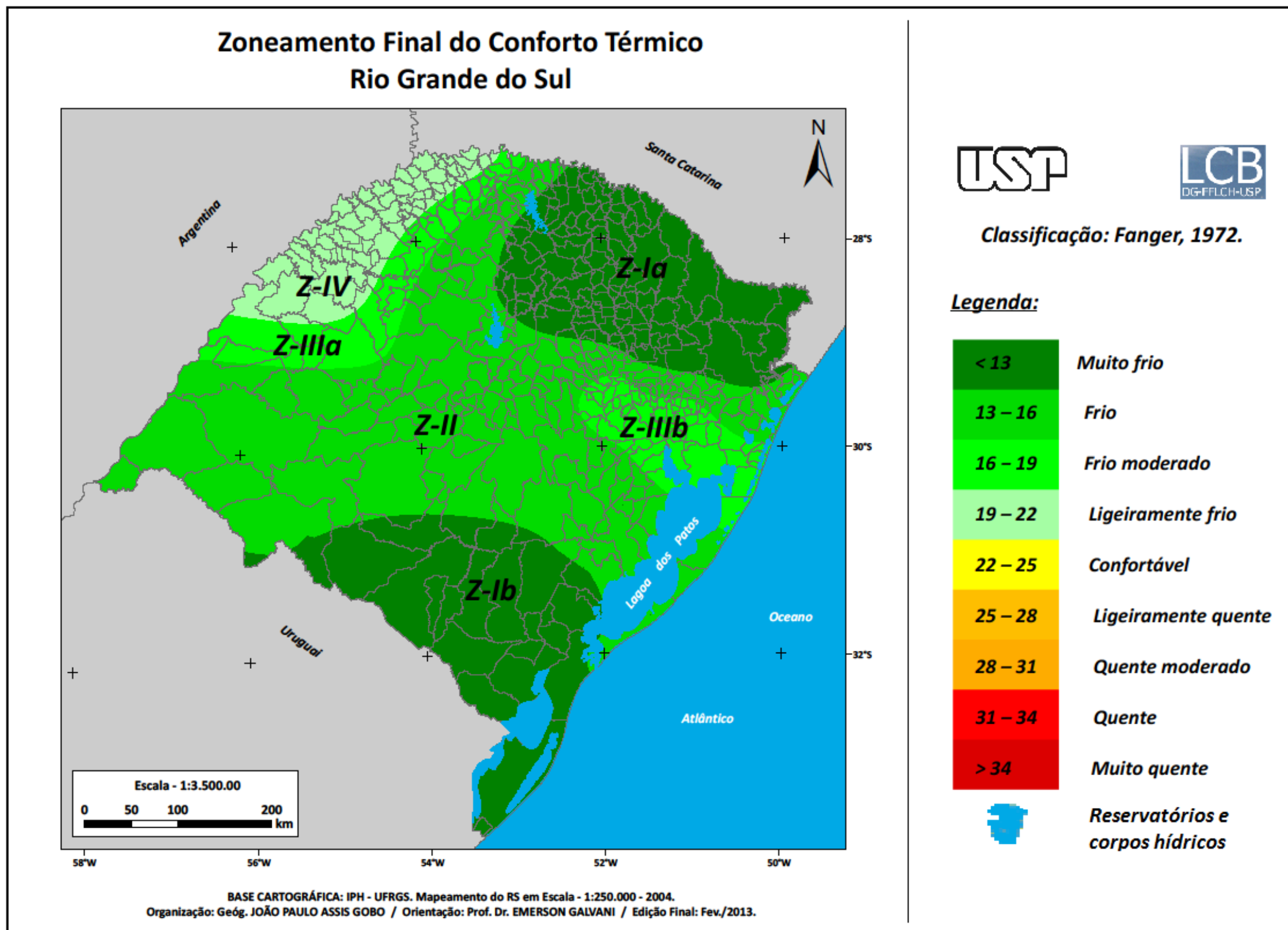


Figura 55: Mapa do Zoneamento do Conforto Térmico para o Rio Grande do Sul.
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

✓ *Zona IIIa*

A zona em questão compreende uma estreita faixa que se estende do oeste do Estado até o norte, ocupando áreas do planalto da bacia do Paraná e que compreendem também o vale do rio Uruguai. Caracteriza-se por apresentar índice TEv e TR médios entre 16°C e 19°C, o que a classifica na faixa de sensação térmica de "Frio Moderado".

✓ *Zona IIIb*

Assim como a zona "IIIa", apresenta índice TEv e TR médios entre 16°C e 19°C, classificando-se na faixa de sensação térmica de "Frio Moderado", porém ocupando uma pequena parte da depressão periférica sul-riograndense, no entorno da região metropolitana de Porto Alegre, e uma pequena parte do litoral.

✓ *Zona IV*

Localizada no noroeste do Rio Grande do Sul, ocupando uma faixa próxima ao vale do rio Uruguai pertencente ao planalto da bacia do Paraná, a zona IV é a que apresenta valores mais próximos à faixa de conforto térmico humano adequada, encaixando-se na faixa de sensação térmica de "Ligeiramente Frio" com índice TEv e TR médios entre 19°C e 22°C.

No entanto, ao se observar o zoneamento final do conforto térmico humano para o Rio Grande do Sul, nota-se que essas zonas encontradas não condizem com a real situação do conforto térmico no estado, levando-se em consideração a análise da dinâmica atmosférica anteriormente analisada no capítulo 6.3, em que se observou o clima do Estado de uma maneira dinâmica, em escala diária.

Sendo assim, optou-se por uma análise ainda mais suscita do clima do Rio Grande do sul, a ponto de se regionalizar seu conforto térmico humano, e, para tal, selecionou-se uma estação meteorológica representativa das duas zonas "mais frias" encontradas no zoneamento final (ZIa e ZIb), bem como das duas zonas "mais quentes" deste (ZIIIb e ZIV). A partir disso, foi realizada uma análise da temperatura do ar, nos três horários de leitura diários para cada dia do mês representativo do verão (janeiro) e do inverno (julho) do ano-padrão habitual (2007) e mais chuvoso (2002),

respectivamente. Estes foram os anos mais quentes e mais frios, respectivamente, dentre os três anos-padrão.

A análise pode ser observada nos gráficos do anexo 4, que mostram os valores de temperatura do ar para a estação meteorológica de Iraí (representativa da zona IV), Campo Bom (representativa da zona IIIb), Bom Jesus (representativa da zona Ia) e Santa Vitória do Palmar (representativa da zona Ib).

Pode-se observar que, nas estações meteorológicas representativas das zonas Ia e Ib (Bom Jesus e Santa Vitória do Palmar, respectivamente), a temperatura do ar, inclusive no mês de verão, apresenta-se com decréscimo, abaixo da zona de conforto (ZC), chegando próximo aos 13°C, o que mostra que, do ponto de vista horário, mesmo no verão, há horas e, inclusive, dias em que a temperatura do ar para essas estações meteorológicas se apresenta tão baixa como em situações de inverno, como pode ser observado em comparação com a linha do inverno (azul).

Em compensação, analisando-se as estações meteorológicas representativas da zona IV e IIIb (Iraí e Campo Bom, respectivamente), nota-se que a temperatura do ar, mesmo nas situações de inverno, apresenta picos de acréscimo, os quais ultrapassam a zona de conforto (ZC), chegando, em alguns casos, aos valores dos 30°C.

É possível observar também que, através dessa análise horária dos dias dos meses de verão e inverno para as estações meteorológicas representativas das zonas "mais quentes", há picos de temperatura que se aproximam e ultrapassam os 35°C, em ambas as estações meteorológicas, o que representa, do ponto de vista do conforto térmico, situações de extremo desconforto por calor.

Sendo assim, foi proposta uma regionalização climática do Rio Grande do Sul que abordasse esses extremos climáticos não observados, do ponto de vista de uma análise média dos atributos do clima. Elaborou-se o mapa da figura 56, o qual aborda o método descrito no item 5.3 do capítulo 5, e apresenta os mesmos valores de TEv e TR do zoneamento final. Tais valores foram distribuídos dentro do intervalo de classes que compreende as nove faixas de sensação térmica utilizadas nesta pesquisa.

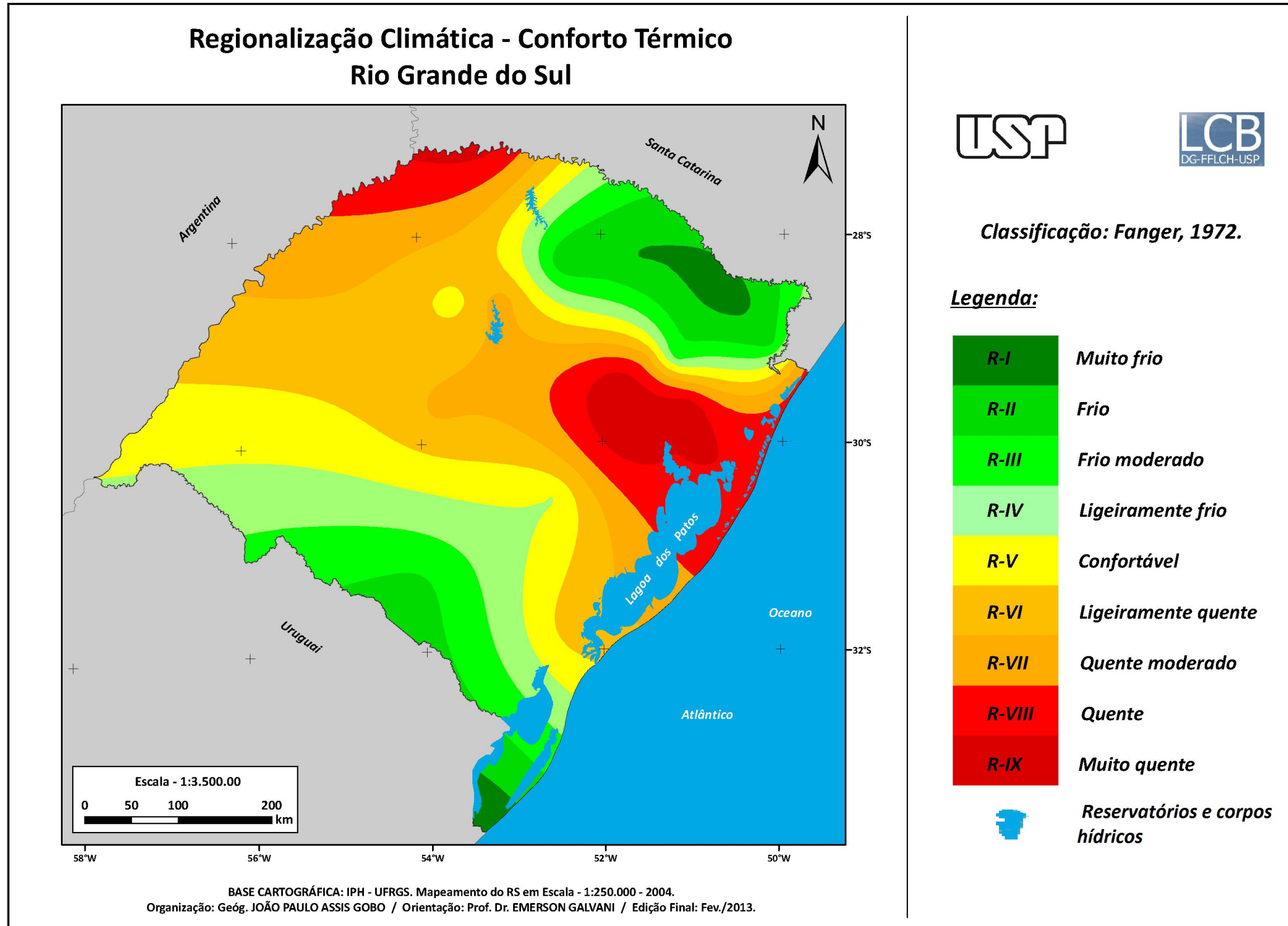


Figura 56: Mapa da regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico humano.
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

Essa regionalização climática do conforto térmico humano parte do princípio observado na análise dos dados horários de temperatura do ar para as quatro estações meteorológicas representativas das zonas "mais frias" e "mais quentes" do zoneamento final. Nela se observa que, mesmo nas épocas mais quentes do ano (verão), nas estações localizadas nas zonas mais frias do Estado, há períodos horários e, inclusive, diários de temperaturas baixas, tal como em uma situação invernal.

Nas estações meteorológicas das zonas mais quentes do Estado, observa-se a tendência contrária: mesmo nas épocas mais frias do ano (inverno), há períodos de horas e até mesmo dias em que a temperatura se mantém elevada, tal como em uma situação de verão.

Assim, a regionalização climática do Rio Grande do Sul, com base no zoneamento do conforto térmico humano, corrobora os resultados obtidos a partir da análise dinâmica do clima do Estado, para os três anos-padrões estabelecidos, e dos zoneamentos médios dos índices TEv e TR, como pode ser observado na tabela 26.

Na tabela 26, é possível observar relação entre o percentual de ocorrência de cada faixa de sensação térmica classificada nos zoneamentos sazonais dos três anos-padrão estudados e as análises da dinâmica atmosférica regional (análise rítmica, anexo 1, 2 e 3) desses três anos.

Os valores em negrito, na tabela 26, são referentes aos maiores percentuais de cada uma das análises realizadas para cada estação de cada ano-padrão estudado. Assim, os valores destacados com contorno vermelho representam faixas de sensação térmica de maior ocorrência em ambas as análises (Zoneamento e Dinâmica Atmosférica) para as mesmas estações do ano ou estações subsequentes, em cada ano-padrão estudado.

Nota-se que a dinâmica atmosférica dos três anos-padrão, na situação de inverno, é fortemente relacionada aos resultados obtidos no zoneamento dessa estação, nos três anos-padrão (2002, 2004 e 2007).

Por fim, para uma análise mais sintetizada da regionalização climática do Rio Grande do Sul, com base no zoneamento do conforto térmico humano, foi proposto um mapa que resumisse a três as nove faixas de sensação térmica classificadas e regionalizadas no mapa da figura 56. Essas três gerariam um mapa das macrorregiões do conforto térmico humano no Estado (Figura 57).

Tabela 26 – Relação percentual de ocorrências das faixas de sensação térmica associadas a Dinâmica Atmosférica (DA) e ao Zoneamento (Zon) sazonal do conforto térmico humano para os três anos padrões estabelecidos.

ZONEAMENTO E DINÂMICA ATMOSFÉRICA	PERCENTUAL DE OCORRÊNCIAS DAS FAIXAS DE CONFORTO (%)								
	MF	F	FM	LF	C	LQ	QM	Q	MQ
Zon. Primavera 2002		8,7	73,9	17,4					
D. A. Primavera 2002	3,2	6,5	16,1	51,6	22,6				
Zon. Verão 2002			13,0	47,8	39,1				
D. A. Verão 2002				16,1	74,2	9,7			
Zon. Outono 2002	17,4	34,8	34,8	13,0					
D. A. Outono 2002	30,0	16,7	30,0	23,3					
Zon. Inverno 2002	100,0								
D. A. Inverno 2002	83,9	16,1	3,2						
Zon. Primavera 2004		13,0	78,3	8,7					
D. A. Primavera 2004		29,0	45,2	25,8					
Zon. Verão 2004			17,4	47,8	34,8				
D. A. Verão 2004			3,2	6,5	77,4	12,9			
Zon. Outono 2004	39,1	52,2	8,7						
D. A. Outono 2004	29,0	6,5	16,1	25,8	16,1				
Zon. Inverno 2004	100								
D. A. Inverno 2004	83,9	6,5	6,5	3,2					
Zon. Primavera 2007		8,7	60,9	30,4					
D. A. Primavera 2007			32,3	51,6	16,1				
Zon. Verão 2007				34,8	65,2				
D. A. Verão 2007				22,6	41,9	35,5			
Zon. Outono 2007	30,4	47,8	21,7						
D. A. Outono 2007	16,7	26,7	16,7	33,3	6,7				
Zon. Inverno 2007	100								
D. A. Inverno 2007	90,3	3,2	3,2	3,2					

Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

O mapa em questão foi elaborado conforme descrito no item 5.4 do capítulo 5 desta pesquisa e divide o Rio Grande do sul em três regiões climáticas:

✓ *Desconforto por Frio*

Compreende as regiões nordeste, extremo sul e sudoeste do Rio Grande do Sul e classifica-se entre as faixas de sensação térmica de "Ligeiramente Frio" a "Muito Frio".

✓ *Confortável*

Revela-se como uma zona de transição entre a região de desconforto por frio e a de desconforto por calor, classificando-se na faixa de sensação térmica "Confortável".

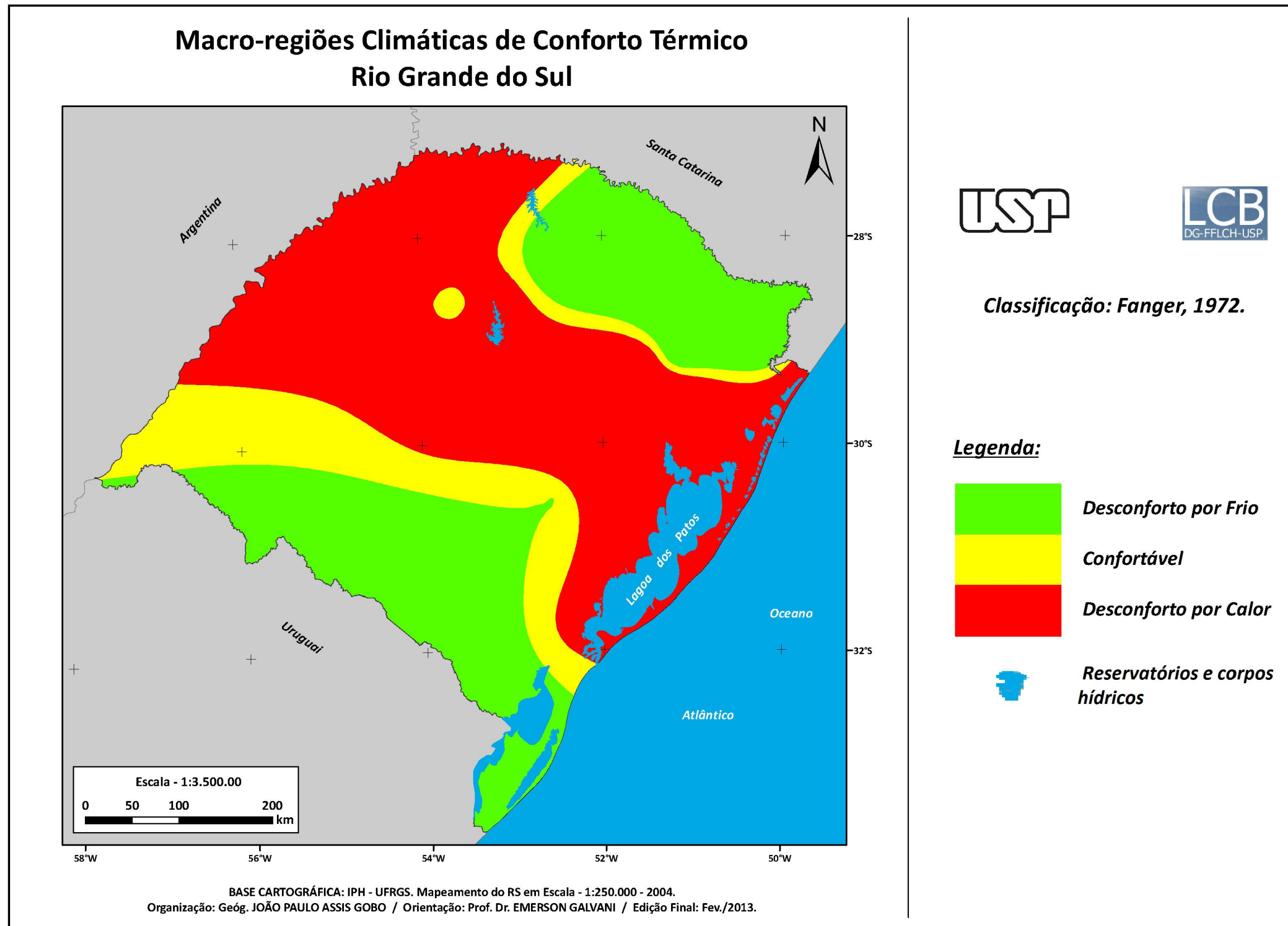


Figura 57: Mapa da macro-regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico humano.
Org.: GOBO, J. P. A. (2013).

✓ *Desconforto por Calor*

Compreende a faixa central do Estado, entre as duas regiões de conforto e as duas regiões de desconforto por frio, estendendo-se do litoral ao noroeste do Estado e classificando-se entre as faixas de sensação térmica de "Ligeiramente Quente" e "Muito Quente".

Essa macrorregionalização climática do conforto térmico no Rio Grande do Sul representa, de certa forma, um desvio padrão dos valores médios anuais das diferentes regiões climáticas do Estado, do ponto de vista do conforto térmico humano. Assim, generalizam-se as faixas de sensação térmica, a fim de melhor se representar a disposição geral das regiões.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo do conforto térmico humano em escala regional é uma temática pouco investigada, uma vez que os trabalhos, em sua maioria, são voltados para análises microclimáticas, topoclimáticas e condições de ambiente construído "*in door*".

Ao realizar-se uma revisão teórica a respeito dos temas propostos nesta pesquisa, verificou-se a dificuldade de encontrar estudos que agregassem a pesquisa bioclimática a uma escala de análise regional ou sub-regional, princípio do qual a presente pesquisa parte. No entanto, as pesquisas buscadas foram encontradas em outras áreas fora da Geografia e da Arquitetura, dentre elas a Meteorologia, a Engenharia e as Ciências Agrônômicas, principalmente no que tange ao zoneamento do conforto térmico. No que se refere à regionalização climática, a revisão teórica obteve acesso a pesquisas específicas da área nos campos da Geografia Física como também da Climatologia Geográfica.

Na primeira etapa do trabalho, que consistiu em realizar o zoneamento do conforto térmico para a série histórica de 30 anos (1981 - 2010), utilizando-se de dados dos atributos climáticos tais como a Temperatura do Ar, Umidade Relativa do Ar e Velocidade do Vento, a fim de se gerarem os índices de Temperatura Efetiva com Vento e de Temperatura Resultante, verificou-se a homogeneização das faixas de sensação térmica classificadas e espacializadas, no território do Rio Grande do Sul, e a completa inserção do Estado nas faixas de sensação térmica abaixo da zona de conforto, com exceção dos casos de verão, porém muito aquém da real resposta que se buscava.

No Rio Grande do Sul, o inverno e o outono mostraram-se frios, em função da influência determinante do vento no resfriamento dos resultados obtidos nos índices, o que fez com que os invernos do zoneamento da série de 30 anos fossem completamente representados por sensação térmica de "Muito Frio".

No que se refere ao zoneamento do conforto térmico para o ano-padrão estabelecido como habitual (2007), mais chuvoso (2002) e menos chuvoso (2004), observou-se que a disposição das zonas classificadas nas estações de primavera, verão e outono foram fortemente influenciadas pelos fatores geográficos, tais como o relevo (altitude), a continentalidade e a maritimidade e a latitude. Esses fatores

determinaram a disposição das zonas classificadas de maneira semelhante nas respectivas estações climáticas de cada ano analisado.

O zoneamento do conforto térmico para os anos-padrão também revelou a não influência dos fatores geográficos no zoneamento dos invernos dos três anos-padrão, uma vez que houve, assim como no zoneamento da série de 30 anos, uma homogeneização da sensação térmica classificada, em todo o Estado, na faixa de "Muito Frio".

Em relação ao ano-padrão mais chuvoso, este se mostrou mais frio do ponto de vista do zoneamento da primavera e do verão, o que reflete a maior cobertura de nuvens no sistema, diminuindo a incidência de radiação solar. O outono, por sua vez, mostrou-se menos ameno que os demais outonos zoneados para o ano-padrão menos chuvoso e habitual, ao contrário do inverno, que foi totalmente predominado pela classe mais fria.

O ano-padrão menos chuvoso mostrou, assim como o ano mais chuvoso, uma amenização nos valores do conforto térmico, com o outono e a primavera bastante homogêneos e o verão com poucas zonas nas faixas mais quentes. Por outro lado, o inverno novamente se mostrou totalmente homogêneo, com uma só classe predominante.

O ano-padrão habitual mostrou-se o mais quente dos três, tendo o verão apresentado, em sua maioria, o predomínio de zonas mais quentes, no território do Rio Grande do Sul. Todavia, o outono e o inverno mostraram-se igualmente homogêneos, como os analisados nos anos anteriores.

Na realização da análise da dinâmica atmosférica regional e sua influência na determinação das zonas de conforto térmico para o Rio Grande do Sul, observou-se que os sistemas atmosféricos atuantes no Estado, em cada uma das quatro estações do ano, só são definidores da situação de conforto térmico nos meses de inverno. Nos demais meses, os fatores geográficos são os principais responsáveis pela definição das zonas, o que já havia sido observado anteriormente, nos zoneamentos para os anos padrões.

Notou-se que, durante a primavera e o verão, houve uma elevada participação da Massa Polar Velha, da Massa Polar Atlântica e da Massa Tropical Continental, possibilitando não só que o conforto térmico apresentasse faixas de sensação térmica

mais próximas da situação de conforto como também ultrapassassem a zona de conforto.

O outono foi definido pela participação mais ativa da Massa Polar Atlântica bem como da Frente Polar Atlântica e de sua derivação (Frente Estacionária), aumentando a nebulosidade e a umidade que, no inverno, tornaram-se mais intensas, com o predomínio da Massa Polar Atlântica reduzindo a temperatura. Esse processo dinâmico do outono e do inverno influenciou a classificação de faixas de sensação térmica tendendo mais para o frio.

Quando realizado o zoneamento do conforto térmico final, observou-se que, apesar de o método adotado ter sido eficaz na distribuição das zonas de conforto térmico, no território do Rio Grande do Sul, o zoneamento não apresentou faixas de sensação térmica acima da zona de conforto nem a classificação destas, o que se mostrou distinto do que havia sido observado na análise da dinâmica atmosférica para os três anos-padrão.

Assim, através da análise horária da temperatura do ar para as estações meteorológicas representantes das zonas mais quentes e mais frias do zoneamento final, conseguiu-se propor uma regionalização climática que apresentasse os diferentes contrastes observados no Rio Grande do Sul, no decorrer das quatro estações do ano, sem que eles fossem mascarados pelos seus valores médios.

A regionalização climática do Rio Grande do Sul, com base no zoneamento do conforto térmico, mostrou-se eficaz ao conseguir expor, de maneira geral, não só as condições de conforto térmico predominantes nas mais distintas regiões do Estado assim como as condições geográficas e climatológicas envolvidas na definição dessas regiões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul: primeira aproximação. *Geomorfologia*, v.53, 1977, p.1-23.
- AB'SÁBER, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. *Geomorfologia*, São Paulo, 1970, p.20. 26.
- ALVES, R. R. Métodos de avaliação do conforto térmico humano. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade de São Paulo. 2012.
- ANDRADE, S. F. Estudo de estratégias bioclimáticas no clima de Florianópolis. Florianópolis, 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, SC. ASHRAE. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, STANDARD 55 - 1992. Atlanta, USA.
- ANDRADE JUNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N. Classificação climática e regionalização do semi-árido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. *Revista Ciência Agronômica*, Vol. 36, nº 2, maio - ago., 2005, p.143 – 151.
- ANSI/ASHRAE 55 - 1981. Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta : ANSI, 1981.
- ANSI/ASHRAE 55 - 1992. Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta : ANSI, 1992.
- ARAÚJO, L. C. Memória sobre o clima do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro: Serviço de Informação do Ministério da Agricultura, 1930
- ARAÚJO, V. M. D. A. Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro. São Paulo, Tese de Doutorado -Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1996.
- ARAÚJO, V. M. D. A.; ARAÚJO, E. H. S. Definição dos parâmetros de conforto térmico para os usuários adolescentes das edificações escolares em Natal - RN. In: ENCONTRO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES,1., 1991, Florianópolis. **Anais** ... Florianópolis: UFSC, 1991. p. 77-87.
- ASHRAE (American Society of Heating and Air Conditioning Engineers) Handbook Fundamentals. Atlanta: ASHRAE, 1993. Cap. 8: Physiological principles for comfort and health, p.8.1- 8.32.
- ASHRAE /IES 90.1-1989 Energy efficient design of new buildings except low-riseresidential buildings 1791 Tullie Circle, NE. Atlanta , GA 1989.
- AULICIEMS, A. The atmosphere environment: a study of confort and performance. Toronto, University of Toronto Press, 1972 .

AULICIEMS, A . Weather Perception: a subtropical study. In: Weather. Toronto, Royal Meteorological Society, 1976.

AULICIEMS, A. SZOKOLAY, S. V. Thermal comfort. PLEA Notes, Brisbane (Australia), PLEA: Passive and Low Energy Architecture, Department of Architecture. University of Queensland, 1999.

AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2003.

AZEVEDO, T. R. de; GALVANI, E. Técnicas de Climatologia. In: VENTURI, L. A. B. (Org.). Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula. São Paulo: Sarandi, 2011, v. , p. 107-134.

BARBOSA, M. J. Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

BARROS, J. R. Tipos de Tempo e Incidência de Doenças Respiratórias: um estudo geográfico aplicado ao Distrito Federal . Tese de Doutorado - Universidade Estadual Paulista. Rio Claro – SP, 2006.

BEDFORD, T. The warmth factor in comfort at work. Rep. Industr. Hlth Res. Bd., Lond., no. 76, 1936.

BEDFORD, T.; WARNER, C. The globe thermometer in studies of heating and ventilation. Journal of Hygiene, v.34, p.458-473, 1934.

BESANCENOT, J. P. Le climat et la santé. (org. DUBREVIL, V. et. MARCHAND, J. P., Le climat, L'eau et les hommes). France, Presses Universitaires de Rennes. 1997, p. 87-104.

BLUESTEIN, M.; OSCZEVSKI, R. Wind chill and the development of frostbite in the face. In: CONF. ON BIOMET. AND AEROBIOLOGY, 15., Kansas City, MO. Preprints... Amer. Meteor. Soc., 2002. p. 168-171.

BRANDÃO, A. M. P. M. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 1996 (Tese de Doutorado).

BRANDÃO, A. M. P. M.; LUCENA, A. J. A Ilha térmica e sua influência no conforto humano na área central da cidade do Rio de Janeiro. Boletim Climageo-UFRJ abril, 2000, p.2-3.

BRAUN, S. Influencias meteorotrópicas nas doenças cardiovasculares na cidade de São Paulo. São Paulo SP. 134p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas de São Paulo, 2003.

BRÖDE, P.; KRÜGER, E. L.; ROSSI, F. A.; FIALA, D. Predicting urban outdoor thermal comfort by the Universal Thermal Climate Index UTCI—a case study in Southern Brazil. in: *International Journal of Biometeorology*, v. 56, Issue 3, p. 471-480, 2012.

BRÖDE, P.; FIALA, D.; BŁAŻEJCZYK, K.; HOLMÉR, I.; JENDRITZKY, G.; KAMPMANN, B.; TINZ, B.; HAVENITH, G. Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). in: *International Journal of Biometeorology*, v. 56, Issue 3, p. 481-494, 2012

BRUSE, M. Simulating human thermal comfort and resulting usage patterns of urban open spaces with a Multi-Agent System. in: Wittkopf, St. and Tan, B. K. (eds.): *Proceedings of the 24th International Conference on Passive and Low Energy Architecture PLEA*, p.699-706. 2007.

CARFAN, A. C. Análise de conforto térmico em áreas abertas no município de Ourinhos, SP. Tese de Doutorado (Geografia Física) - Universidade de São Paulo. 2011.

CARMONA, L. S. Human comfort in the urban tropics . pp.354-405. IN: *Technical Conference on the urban climatology and its applications with special regard to the tropical areas*. WMO - num. 652- 26-30-november-1984 México. p. 534 .

CRITCHFIELD, HOWARD J. *General Climatology*. New York: Prentice Hall, 1960.

DETWYLER, T; MARCUS, M. G. *Urbanization and environment: the physical Geography of city*. Belmont, Duxbury, 1972.

EVANS, J. M. Evaluating comfort with varying temperatures: a graphic design tool. *Energy And Building*, Buenos Aires, nº 35, p.87-93, 2003.

FANGER, P. O. *Thermal Comfort*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1970.

FANGER, P.O. *Thermal comfort, analysis and application in environmental engineering*. New York: McGraw Hill, 1972.

FROTA, A.B., SCHIFFER, S.R. *Manual de conforto térmico*. 5 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

FROTA, A. B.; SHIFFER, S. R. *Manual de conforto térmico*. 8 ed. São Paulo, Studio Nobel, 2007, 243p.

FUNARI, F. L. *Balanço do calor ambiental no Estado de São Paulo*. Trabalho realizado no Curso de Pós-Graduação em Bioclimatologia. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. (1979).

FUNARI, F. L. *O Índice de Sensação Térmica Humana em função dos tipos de tempo na Região Metropolitana de São Paulo*. Tese de Doutorado em Geografia Física. Universidade de São Paulo, 2006.

GAGGE, A.P., NISHI, Y.; GONZALEZ, R.R. Standard effective temperature – A single index of temperature sensation and thermal discomfort. In: Thermal Comfort and Moderate Heat Stress, Watford: Building Research Establishment Report 2, September, 1972.

GAGGE, A. P.; STOLWIJK, J. A. J.; HARDY, J. D. Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures. Environ. Res., 1, p. 1-20, 1967.

GALVANI, E. Considerações acerca dos estudos bioclimáticos. In: CARLOS, A. F. A.; OLIVEIRA, A. U. Geografias de São Paulo: A Metrópole do Século XXI. 2004. P 221-229.

GIVONI, BARUCH. Man, climate and architecture. Applied Science Publishers, 1969.

GIVONI, B.; NOGUCHI, M. Issues in outdoor comfort research. In: PLEA, Anais...Cambridge, p. 562-564, 2000.

GOBO, J. P. A.; MONTEBLANCO, F. L.; SARTORI, M. G. B. As Condições Termo-Higrométricas e o Desconforto Ambiental em Casas Noturnas de Santa Maria-RS. Geografia. Ensino & Pesquisa, v. 12, p. 4721-4734, 2008.

GOEDERT, J. Avaliação do Conforto Térmico em Postos de Trabalho de Motoristas de Ônibus. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

GOITIA, F. C. Breve História do Urbanismo. Coleção Dimensões. Lisboa: Editorial Presença. Título original: Breve Historia del Urbanismo. Tradução de Emílio Campos Lima. 1982.

GRUBICH, V. Az időjárás és az ember (Climate and man), Medicina, Budapest, 1961.

HÖPPE, P. Die Physiologisch Äquivalente Temperatur PET. Annalen der Meteorologie, 33:108-112, 1997.

HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature: a universal index for the assessment of the thermal environment. International Journal of Biometeorology, n. 43, p. 71-5, 1999.

HOUGHTEN, F.C.; YAGLOU, C.P. Determining lines the equal comfort , and Determination of the comfort zone. In: ASHVE Transactions, v.29 , 1923.

HOWELL, W.; STRAMLER, C. S. The Contribution of Psychological Variables to the Prediction of Thermal Comfort Judgments in Real World Settings. ASHRAE Transactions, v. 87, nº. 1, p. 609-621, 1981.

HUMPHREYS, M. Field studies of thermal comfort compared and applied. Building Research Establishment. Current Paper, Londres, UK, nº. 75-76, 1975.

HUNTINGTON, E. Civilization and climate. New Haven, Yale University press, 1934.

IBGE. Subsídios à Regionalização. Rio de Janeiro, IBGE, 1968b, 217p.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2011. São Paulo, SP, 2011. Disponível em: <www.inmet.gov.br>. Acesso em: 21 novembro, 2011.

ISO (International Organization Standardization). ISO 7730. Moderate thermal environments: determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Genève: **ISO**, 1994.

JABARDO, J. M. S. Conforto térmico. 1. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, v. 1. p. 21, 1984.

JENDRITZKY, Gerd et al. Klimatologische Probleme — ein einfaches Verfahren zur Vorhersage der Wärmebelastung. in: Zeitschrift für angewandte Bäder und Klimaheilkunde. Freiburg, 1979.

KATZSCHNER, L.; MAYER, H.; DREY, C.; BRUSE, M. Strategies and concepts for thermal comfort discussions in urban planning to mitigate the impacts of climate extremes. In: PLEA 2007 – The 24th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Proceedings Singapore, 103-108 p., 2007.

KIMBALL, M. H.; GILBERT, D. E. Pantclimate Mapping: The key to conservation of resources. In: Symposium Ground Level Climatology. 2. 1970, Berkeley. Anais... Berkeley: University of Berkeley, 1970. p. 67-92.

KOENIGSBERG, O.H. Manual for tropical housing and building – part 1. London Climatic Design Longman Group Ltd. 1973. 320p.

LAMBERTS, R. Eficiência Energética na Arquitetura. São Paulo: PW Editores. 1997.

LEE, D. H. K. Seventy-five years of searching for a heat index. Env.Res., 22:331-356 (Academic Press), 1980.

LIM, B. B. P. Energy conservation in buildings and the indoor environment: A review. Architectural Science Review. V. 26, n. 1, p. 6-12, 1983.

LIM, P. B. and RAO, K. R. Environmental control of buildings. Journal of Singapore National Academy of Sciences, 6, pp. 72–89, 1977.

LOMBARDO, M. A. Ilhas de Calor nas Metrôpoles: o caso de São Paulo. São Paulo: HUCITEC, 244p, 1985.

MACHADO, F. P. Contribuição ao estudo do clima no Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, IBGE, 91p. 1950.

MAIA, J. A.; GONÇALVES, F. L. T. Uma análise do conforto térmico e suas relações meteorológicas na cidade de São Paulo – parte 1. Anais: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, p. 305-314, Foz de Iguaçu, 2002.

MASTERTON, J. M.; RICHARDSON, F. A. Humidex: a method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity. Environment Canada, CLI 1-79. Ontario, Downsview: Atmospheric Environment Service, 1979.

MISSENARD, H. Equivalence Thermique des Ambiances. Chaleur et Industrie, 24; p.159-183. 1948.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 181p. (Série Teses e Monografias, 25). 1976.

MONTEIRO, C. A. F. Análise rítmica em climatologia – problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. Revista IGUSP. São Paulo. [s./v.], [s./n.], p. 1-21, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. O clima da região Sul. In: CATALDO, D. M. (Org.). Geografia do Brasil, Grande Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, p. 117-169, 1963.

MONTEIRO, C. A. F. A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo. Rio Claro: UNESP- IGCE, 2000. CD-ROM.

MONTEIRO, C. A. F. A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempos no Brasil.) Série Teses e Monografias, nº1. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1969.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Questões teóricas de conforto térmico em Questões teóricas de conforto térmico em espaços abertos: consideração histórica, discussão do estado da arte e proposição de classificação de modelos... Ambiente Construído, v. 7, p. 43-58, 2007.

MONTEIRO, L. M. ; ALUCCI, M. P. Territorios y espacios urbanos sustentables: confort ambiental en espacios abiertos. Ambiente Construído (Online), v. 3, p. 1-26, 2009.

MONTEIRO, L. M. ; ALUCCI, M. P. Comparação cruzada entre pesquisas laboratoriais e de campo em conforto térmico em espaços urbanos abertos. Ambiente Construído (Online), v. 10, p. 79-101, 2010.

MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul, 1961.

MORILLÓN, D. G.; FLORES, R. S.; MARTYNEZ, A. T. Human Bioclimatic Atlas for Mexico. Solar Energy 76, 2004, 781–792. Ed. Elsevier.

MOTA, F. S.; AGENDES, M. O. O. Clima e agricultura no Brasil. Porto Alegre: SAGRA, 1986.

NAVARRO, F. E. C. Arquitetura e Clima na Bolívia: uma proposta de zoneamento bioclimático. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. UNICAMP. Campinas – SP, Agosto de 2007.

NERY, J; ANDRADE, T.; MOURA, T. Conforto térmico em Salvador: o índice PET e sua abordagem projetual. RUA (Revista de Arquitetura e Urbanismo- UFBA), vol.7, n.1, Salvador, p.70-77, 2006.

NEDEL, A.; GONÇALVES, F. L. T.; ALVES, M. R. C.; OYOLA, P. T. Evaluation of thermal simulation of households in the metropolitan region of São Paulo, Brazil. Ecotoxicology (London), v. 18, p. 1143-1149, 2009.

NELSON, C. J.; SPOLLEN, W. G. Fructan. *Physiologia Plantarum*, 71:512-51, 1987.

NICOL, J. F. Thermal comfort: a handbook for field studies toward an adaptative model. London: University of East London, 1993.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, RJ; 421 p. 1977.

NINCE, P.C.C.; MUSIS, C. R.; BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. S.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Usos dos Índices PET e UTCI na avaliação do conforto termal no campus da UFMT em Cuiabá-MT. In: *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v(9), nº 9, p. 2026-2036, fevereiro, 2013.

OLGYAY, V. *Arquitectura y Clima*. Ed. Gustavo Gili AS, Barcelona. 1963. 203p.

OLGYAY, VICTOR. *Design With Climate. Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. 4th ed. Princeton, New Jersey. U. S. A.: Princeton University Press, 1963.

OLIVEIRA, L. M. F. de; YANAGI JUNIOR, T.; FERREIRA, E.; CARVALHO, L. G. de; SILVA, M. P. Zoneamento bioclimático da região sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. In: **Engenharia Agrícola**. v. 26 nº 3. Jaboticabal Set./Dez, 2006.

OMETTO, J. C. *Bioclimatologia Vegetal*. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda. 1981. 440 p.

ONO, H. S. P.; KAWAMURA, T. Sensible Climates in Monsoon Ásia. *International Journal of Biometeorology*. Vol. 35, Nº XX, 1991, pp. 39 – 47.

PEGUY, C.P. Les elements mineurs du bilan thermique. In: *Precis de Climatologie*. Paris, Masson & Cia. 1961. p. 163-165.

PESAVENTO, S. J. *História do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Mercado Aberto. 9. ed. 2002. 142p.

PINNA, M. La Bioclimatologia Umana: lo sviluppo recente di um'antica disciplina . *Revista Geográfica Italiana*. Fas. 2, p. 487-510, 1983.

QUADROS, F. L. F.; PILLAR, V. D. Transições floresta-campo no Rio Grande do Sul: Hipóteses sobre clima e interação fogo-vegetação. *Ciência & Ambiente* 24: 2002. p.109-118.

RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. Boletim de Geografia Teorética. V. 23, p. 288-294, 1993.

ROHLES, F. H. Temperature or temperament: A psychologist looks at Thermal Comfort. ASHARAE Transactions. Atlanta: v. 86, n.1, p.541-554, 1980.

RORIZ, M.; BASSO, A. Comparação entre dez critérios para a definição da zona de conforto térmico. ENCONTRO DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1., 1991, Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, 1991. p.145-149.

ROSEN, S. Weathering. New York, M. Evans, 1979.

ROSS, J. L. S. Relevo Brasileiro: uma nova proposta de classificação. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo nº 4. 1985, p. 25-39.

SANTAMOURIS, M.; ASIMAKOPOULOS, D. Passive cooling of buildings. London: J&J, 1996.

SARTORI, M. G. B. A dinâmica do clima do Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico. Revista Terra Livre, São Paulo, v. 1, nº. 20, p. 27-49, jan./jul. 2003.

SARTORI, M. G. B. As variações pluviométricas e o regime das chuvas na região central do Rio Grande do Sul. Rio Claro, Boletim de Geografia Teorética, v. 23, p. 72-80, 1993.

SARTORI, M. G. B. A circulação atmosférica regional e as famílias de tipos de tempo identificadas na região central do Rio Grande do Sul. Ciência e Natura, nº. 3, p. 101-110, 1981.

SARTORI, M. G. B. Balanço sazonal da participação dos sistemas atmosféricos em 1973, na região de Santa Maria, RS. Ciência e Natura, nº 2, p. 41-53, 1980.

SARTORI, M. G. B. A circulação atmosférica regional e os principais tipos de sucessão do tempo no inverno do Rio Grande do Sul, Brasil. Ciência e Natura, nº 15, p. 69-93, 1993.

SARTORI, M.G.B. Clima e Percepção. USP/FFLCH (Tese de Doutorado). São Paulo, 2000.

SARTORI, M. G. B. O Clima de Santa Maria: do regional ao urbano. 1979. 163f. Dissertação de Mestrado em Geografia – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

SCHIMID, A. L. A Ideia de Conforto: reflexões sobre o ambiente construído. Curitiba: Pacto Ambiental. 2005.

SECRETARIA DA AGRICULTURA. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Zoneamento Agrícola – Indicação de culturas e disponibilidade de solo a nível de município. Porto Alegre: IPAGRO, 1978. 299 p.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Regiões Hidrográficas do Rio Grande do Sul. Disponível em: www.sema.rs.gov.br. Acesso em: 19 de fev. 2010.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R. Meteorologia Agrícola. 3. ed. Piracicaba: ESALQ, 2000. 172 p.

SILVA, M. C. G. da. Virtual Laboratories for a Course about Indoor Environmental Quality. International Journal of On-Line Engineering, Special Issue on Emerging Technologies in Learning, November, 2009.

SIPLE, P. A.; PASSEL, C. F. Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. Proceedings of the American Philosophical Society, 89 (1), p.177-199, 1945.

SORRE, M. Geografia (Tradução Januário F. Megele) São Paulo: Ática, 1984.

STILPEN, D. V. S. Eficiência Energética e Arquitetura Bioclimática: o caso do centro de energia e tecnologias sustentáveis. Dissertação de Mestrado - Rio de Janeiro, RJ. Julho, 2007.

SZOKOLAY, S. V. Thermal design of buildings. Australia, RAI Education Division 2a Mugga Way Red Hill ACT 2603, 1987.

SZOKOLAY, S. V. Bioclimatic design: strategy to details, in Anais do III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, pag. 71-83, Gramado, RS, 1995.

TANABE, S. Thermal comfort requirements in Japan. Doctoral Thesis, Waseda University.1988.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L.; FOLONI, L. L. Meteorologia e Climatologia Agrícola. Botucatu: FCMBB, 1972. 487 p. 3 v.

VALENTE, M. S. P. Conforto térmico em Salvador - BA - Núcleo de Recursos Didáticos Centro Editorial e Didático. Universidade Federal da Bahia. 1977. 28p.

VASCONCELLOS, R. O tratamento gráfico do conforto térmico no Estado de São Paulo - um ensaio metodológico. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. 1988. Dissertação de Mestrado.

VECCHIA, F.A.S. Clima e ambiente construído: a abordagem dinâmica aplicada ao conforto humano. São Paulo, 316 p. Tese de Doutorado em Ciências – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1997.

VERNON, H.M. ; WARNER, C.G. The influence of the humidity of the air on capacity for work at high temperatures. J. Hyg. Camb.,v. 32, p. 431-462, 1932.

VIEITES, R. G.; FREITAS, I. A. de. Pavlovsk e Sorre: duas importantes contribuições a geografia médica. *Ateliê Geográfico*. Goiânia. v.1, nº 2, dez/2007, p. 187-201.

TARIFA, J. R. Os climas nos maciços litorâneos da Juréia-Itatins – um ensaio de ritmanálise - Tese de Livre Docência - DG. FFLCH – USP – 2002, 477p.

THOM, E. C. *Discomfort Index* Londres: Weatherwise. 1959.

THORNTHWAITTE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Centerton: Laboratory of Climatology. 1955. 104 p. (Publications in Climatology, v. 8, nº 1.

TROMP, S. W. *Biometeorology*. London, Heuden, 1980.

TROMP, S. W. *Progress in Biometeorology*. Amsterdam Swets and Zertlinger, 1972.

WEBB, C. Thermal discomfort in an equatorial climate. *Journal IHVE*, nº 27, p. 10, 1960.

WHYTE, A. T. Guidelines for fields studies in environmental perception. MAB Technical Notes 5. Paris: UNESCO, 1977. 118p.

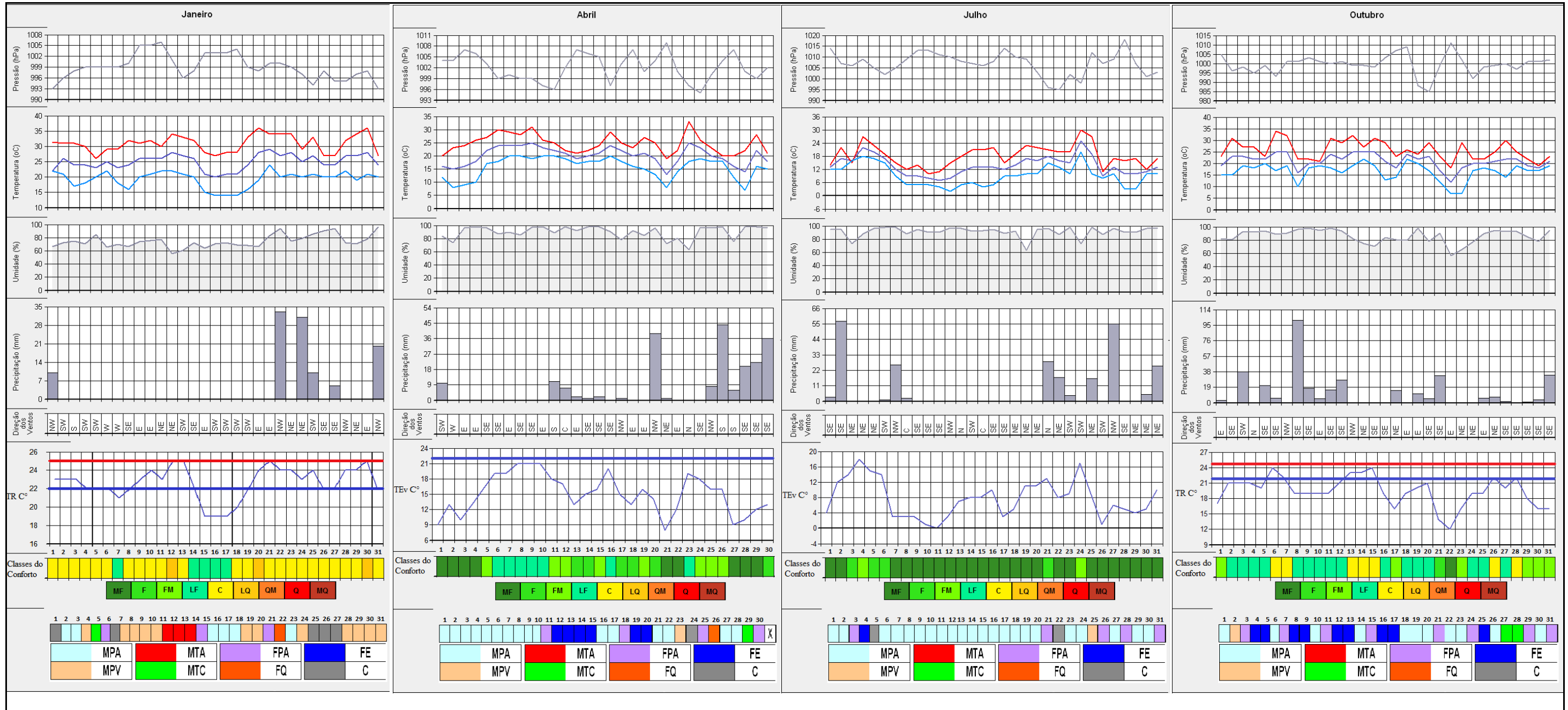
WILLIAMSON, T. J.; RADFORD, A.; BENNETTS, H. *Understanding Sustainable Architecture*, London: Spon Press. 2003.

WINSLOW, C. E. A., L. P. HERRINGTON, and A. P. GAGGE. Physiological reactions of the human body to varying environmental temperatures. *Amer. J. Physiol.* 120:1-22, 1937.

WOODS, J. E., WINAKOR, G. Relationships between measures of Thermal Environment and measures of Worker Productivity. *ASHRAE Transactions*. Atlanta: v. 87, nº 2, p. 117-144, 1981.

WOLLMANN, C. A. Zoneamento agroclimático para a produção de roseiras (*Rosaceae* spp.) no Rio Grande do Sul. USP/FFLCH. Tese de Doutorado. São Paulo, 2011.

ANEXO 1
Gráficos de Análise Rítmica para o ano-padrão mais chuvoso (2002)



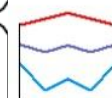
DISSERTAÇÃO:



Regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico humano



LEGENDA:



Temperatura Máxima
Temperatura Média
Temperatura Mínima



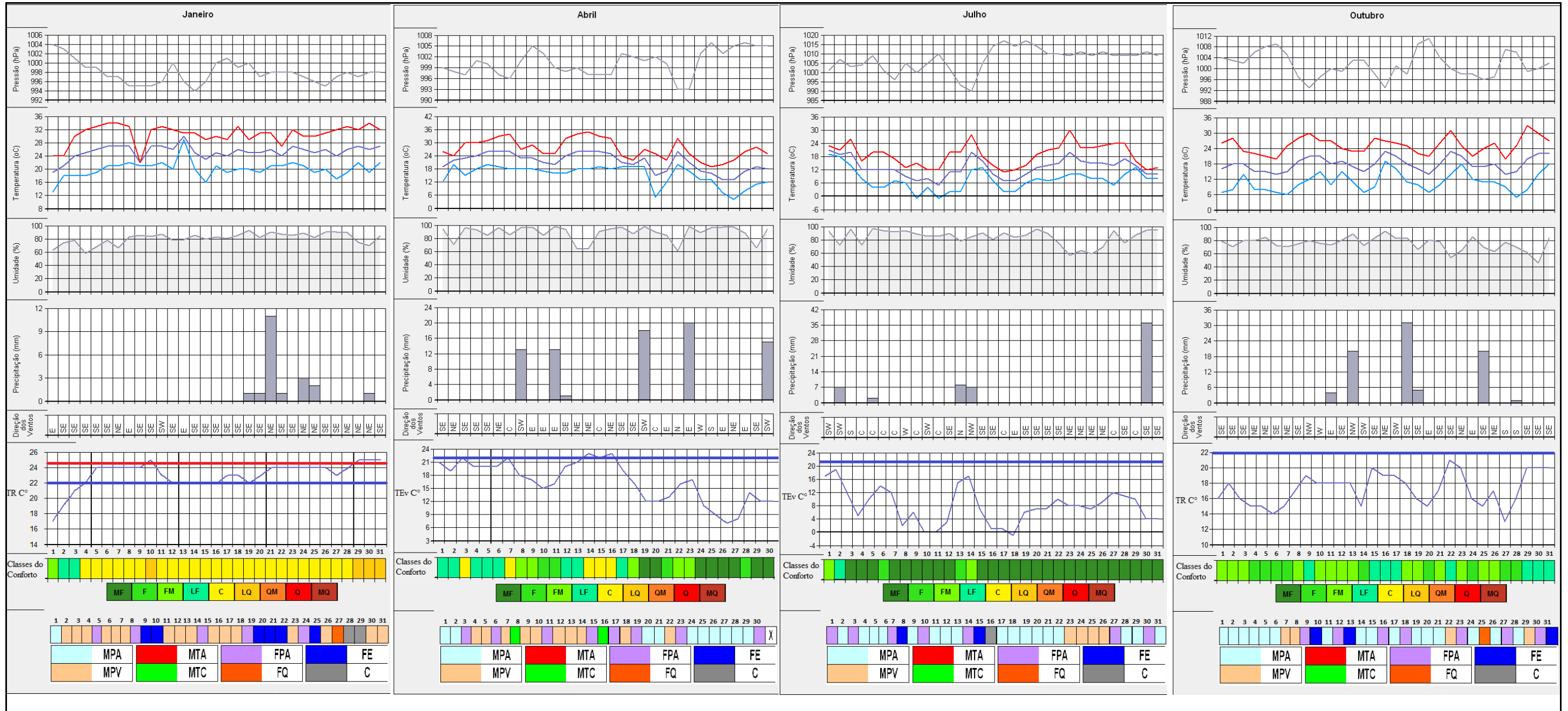
Umidade Relativa do Ar (%)



Precipitação (mm)

Programa Ritmo-Análise: UNESP - Org: GOBO, J. P. A. (2013)

ANEXO 2
Gráficos de Análise Rítmica para o ano-padrão menos chuvoso (2004)



DISSERTAÇÃO:

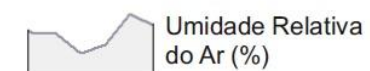


Regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico humano



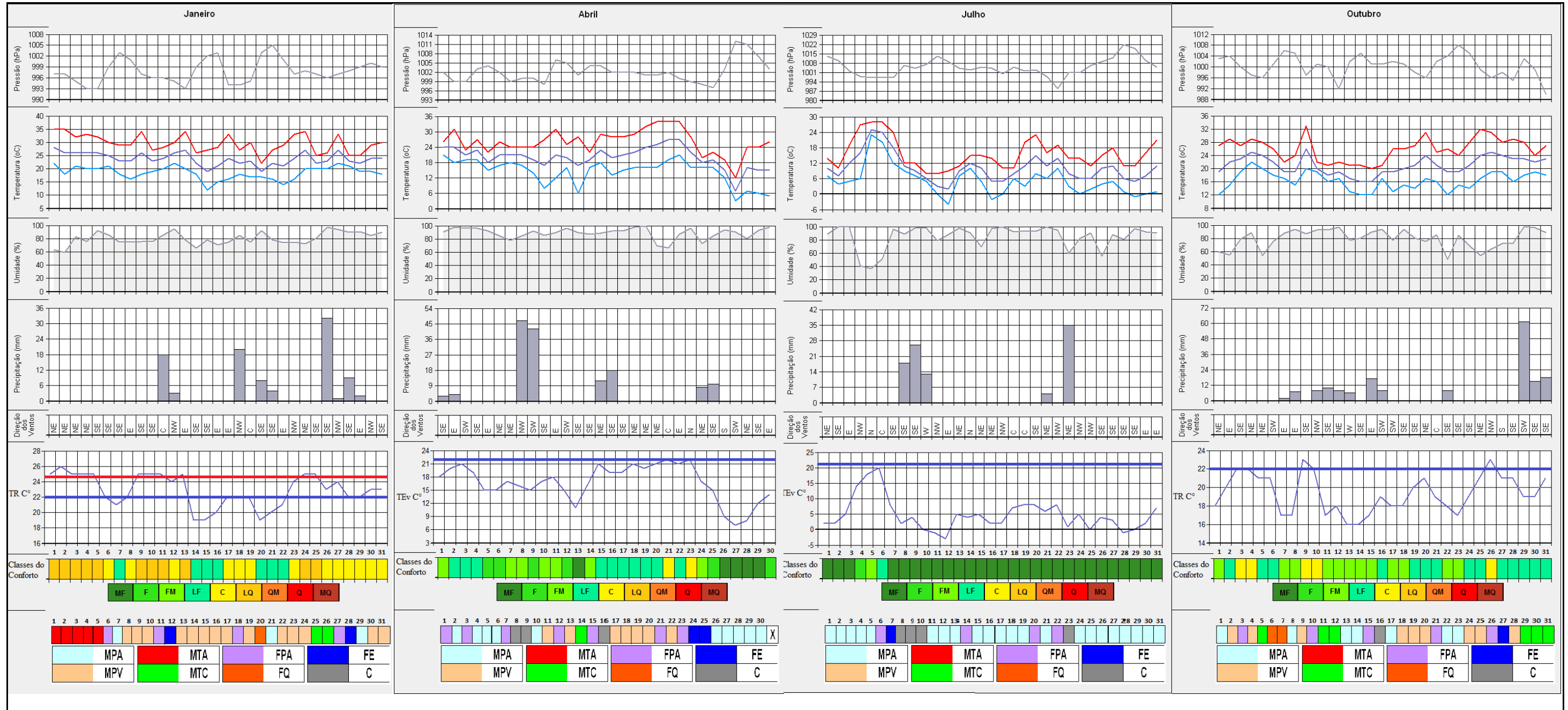
Programa Ritmo-Análise: UNESP - Org: GOBO, J. P. A. (2013)

LEGENDA:



ANEXO 3

Gráficos de Análise Rítmica para o ano-padrão habitual (2007)



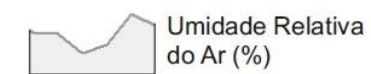
DISSERTAÇÃO:



Regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico humano



LEGENDA:



Programa Ritmo-Análise: UNESP - Org: GOBO, J. P. A. (2013)

ANEXO 4

Gráficos da análise horária/mensal da temperatura do ar para as estações meteorológicas de Iraí, Campo Bom, Bom Jesus e Santa Vitória do Palmar

