

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**Ismael Luiz Hoppe**

**O CAMPO TERMO-HIGROMÉTRICO E A QUALIDADE AMBIENTAL  
URBANA EM SALTO DO JACUÍ/RS**

**Santa Maria, RS  
2018**



**Ismael Luiz Hoppe**

**O CAMPO TERMO-HIGROMÉTRICO E A QUALIDADE AMBIENTAL URBANA EM  
SALTO DO JACUÍ/RS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Geografia**.

**Orientador: Prof. Dr. Cássio Arthur Wollmann**

**Santa Maria, RS  
2018**

Hoppe, Ismael Luiz  
O CAMPO TERMO-HIGROMÉTRICO E A QUALIDADE AMBIENTAL  
URBANA EM SALTO DO JACUÍ/RS / Ismael Luiz Hoppe.- 2018.  
176 p.; 30 cm

Orientador: Cássio Arthur Wollmann  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de  
Pós-Graduação em Geografia e Geociências, RS, 2018

1. Geografia 2. Climatologia Geográfica 3. Clima  
Urbano 4. Temperatura 5. Umidade I. Wollmann, Cássio  
Arthur II. Título.

**Ismael Luiz Hoppe**

**O CAMPO TERMO-HIGROMÉTRICO E A QUALIDADE AMBIENTAL URBANA EM  
SALTO DO JACUÍ/RS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Geografia**.

**Aprovado em 05 de julho de 2018:**

---

**Cássio Arthur Wollmann, Dr. (UFSM)  
Presidente/Orientador**

---

**Franciele Francisca Marmantini Rovani, Dr<sup>a</sup>. (UFSC)**

---

**João Paulo de Assis Gobo Dr. (PUC-SP)**

Santa Maria, RS  
2018



## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais: Dilvo Hoppe e Lucila Kobs Hoppe, que sempre me apoiaram e me acompanharam nesta jornada.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço inicialmente à Deus pela força para superar os desafios e por ter colocado pessoas tão especiais no meu caminho, que me ajudaram de inúmeras formas ao longo da minha vida;

À Universidade Federal de Santa Maria por permitir a realização das conquistas almeçadas por mim, bem como o ensino de qualidade e oportunidades as quais foram oferecidas;

Ao PPGGeo por oportunizarem um ensino de pós-graduação gratuito e de qualidade, à CAPES pelo subsídio financeiro durante esta pesquisa;

Ao Departamento de Geociências, aos professores e funcionários por sempre estarem dispostos a ajudar;

Ao Programa Nacional de Cooperação Acadêmica da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Nº Processo: 88881.068465/2014/01 nº 071/2013 CAPES/PROCAD, pelo apoio financeiro;

Ao meu pai Dilvo Hoppe e a minha mãe Lucila Kobs Hoppe, que na simplicidade da vida me ensinaram a ser uma pessoa boa. A buscar meus objetivos e sonhos, respeitando o semelhante e sendo humilde nas atitudes. E por compreender a importância desta pesquisa para mim e auxiliar na coleta de dados, permitindo a realização dos estudos;

A meus familiares pelo apoio recebido nestes anos, nos quais pude contar com a ajuda nas adversidades encontradas durante minha formação. Especialmente a Cláudia Hoppe, a quem pude contar em todos os momentos, principalmente me apoiando e me recebendo de portas abertas quando precisava realizar os trabalhos de campo no Salto do Jacuí/RS;

Ao meu amigo e Professor e Orientador Cássio Arthur Wollmann, pela sua dedicação em me passar seus conhecimentos, sua orientação e pela sua disposição em sempre me auxiliar;

A minha irmã Lucinara e meu irmão Rogerio Hoppe e família pelas conversas de apoio e cobrança de quando terminaria meus estudos. E sempre estarem a disposição para me ajudarem quando mais precisava;

A minha colega e amiga Jakeline Baratto, por seu auxílio nos momentos de dificuldades e cumplicidade, assim como na parceria para realização de estudos e pesquisas dentro da graduação e mestrado;

Ao meu amigo Érico Edú Corrêa Cardoso, pela sua amizade e por seu auxílio nos momentos de dificuldades e cumplicidade, pelo apoio e pelo carinho que teve comigo, assim como na parceria para a realização de estudos, pesquisas e pelo apoio prestado para concluir esse estudo;

Aos meus amigos e colegas de Laboratório Alcionir Pazatto de Almeida, Amanda Comassetto, Aline Nunes, Iago Turba, Vagner Duarte, pelas experiências trocadas, conversas, risadas e congressos;

Aos Professores Franciele Rovani, Mauro Kumpfer Werlang por aceitarem o convite de avaliar e contribuir com esta pesquisa;

Ao Alvandir Carvalho, pelo apoio, amizade ao longo dos anos e pela pelas palavras de incentivo;

Aos meus amigos da Escola Municipal de Ensino Fundamental João Gonçalves Vieira, no Salto do Jacuí e que levarei para toda a vida. Em especial a Adriana Corazza que sempre entendeu minhas necessidades e sempre me apoiou em minhas escolhas. A Terezinha Borges pelas conversas, festas e sempre me ajudando em minhas mais diversas dúvidas, a Gabriela Fréo pela amizade, pelas explicações e conversas, Rodrigo Genro pela amizade, pela ajuda prestada, a Solange Favero e a Gilvana Sperafico pelas brincadeiras e distrações nos intervalos entre as aulas;

Aos meus amigos Izabel, Vitor, Daniel e Priscila que nestes dois anos que morei em Santa Maria/RS estiveram ao meu lado me apoiando e me fazendo companhia nos momentos de solidão. Muito obrigado pelas conversas, jantares, brincadeiras e pelo carinho que até hoje tenho de vocês.

*Se um dia tiver que escolher entre o mundo e o amor lembre-se: se escolher o mundo ficará sem o amor, mas se escolher o amor com ele você conquistará o mundo.*

(Albert Einstein)



## RESUMO

### O CAMPO TERMO-HIGROMÉTRICO E A QUALIDADE AMBIENTAL URBANA EM SALTO DO JACUÍ/RS

AUTOR: ISMAEL LUIZ HOPPE

ORIENTADOR: CÁSSIO ARTHUR WOLLMANN

O espaço urbano e o processo de urbanização sempre chamaram atenção de inúmeros pesquisadores nas mais diversas áreas do conhecimento por ser um espaço constituído pelo homem para o próprio homem e que, em muitos casos, a maneira como esse espaço é organizado pode configurar situações prejudiciais para o bem-estar humano. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo geral mensurar e avaliar o campo termo-higrométrico e a qualidade ambiental da área urbana de Salto do Jacuí/RS. A área de estudo é a cidade do Salto do Jacuí pertencente ao estado do Rio Grande do Sul - RS, a cidade localiza-se a uma latitude 29°05'18" sul e a uma longitude 53°12'45" oeste, está localizado na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí. A escolha da cidade tem como objetivo de estudo por diversas razões: encontra-se localizado próximo ao reservatório da Barragem Engenheiro Maia Filho, pelo reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaúba e por estar aproximadamente 5 km do maior reservatório do estado, o reservatório Passo Real; por ser uma cidade de pequeno porte; porém o local apresenta uma reserva indígena e em seu entorno (variação de uso do solo). Nesse sentido, para o desenvolvimento pleno da pesquisa do ponto de vista de seu roteiro metodológico. Foram selecionados dois pontos fixos de amostragem para esta pesquisa. Estes pontos foram selecionados para poder fazer uma análise do comportamento climático da área central da cidade ao longo do dia, comparando com o ponto localizado em uma área com menos urbanizada e as margens do lago, e também para verificar as possíveis alterações de um corpo d'água no clima local. Para a aquisição dos dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar na zona intra-urbano e arredores, foi empregada a metodologia de transectos móveis, a qual se baseia na obtenção simultânea dos dados climáticos ao longo de trajetos preestabelecidos dentro da malha urbana. Foram estabelecidos dois transectos que cruzaram a cidade do Salto do Jacuí nos sentidos Norte-Sul e no sentido Leste-Oeste. Para avaliar e mapear a qualidade ambiental da zona urbana de Salto do Jacuí/RS foi utilizado uma adaptação da metodologia desenvolvida por Nucci (1998). Com esse estudo foram escolhidos atributos negativos para determinar a qualidade ambiental sendo eles os seguintes: déficit de espaços livres, cobertura vegetal (desertos florísticos), verticalização, usos poluidores, densidade populacional, áreas de alagamentos e usos do solo ou da terra. Analisando pode-se dizer que a cidade do Salto do Jacuí, apresenta uma qualidade ambiental razoável. As ilhas de calor gerada na área urbana de Salto do Jacuí, é um produto da relação homem e natureza e predominantemente nas áreas onde a qualidade ambiental é baixa. Ficou evidente que as principais influências no clima urbano de Salto do Jacuí, provêm do entorno rural próximo da cidade, ligados ao tipo de uso e cobertura do solo. Em comparação com os dados da Estação Meteorológica de Ibirubá percebe-se que a circulação regional pode ser usada como referência, onde as temperaturas se apresentaram de forma semelhante, porém, com um maior valor sempre para a área urbana de Salto do Jacuí.

Palavras-chaves: Qualidade ambiental urbana, clima urbano, Salto do Jacuí, ilha de calor reservatório.



## **ABSTRACT**

### **THE THERMO-HYGROMETRIC FIELD AND THE URBAN ENVIRONMENTAL QUALITY IN SALTO DO JACUÍ / RS**

**AUTHOR: ISMAEL LUIZ HOPPE  
ORIENTER: CÁSSIO ARTHUR WOLLMANN**

Urban space and the process of urbanization have always attracted the attention of many researchers in the most diverse areas of knowledge because it is a man-made space for man himself and that in many cases, the way this space is organized can create situations that are harmful to human well-being. Thus, this paper aims to measure and evaluate the thermo-hygrometric field and the environmental quality of the urban area of Salto do Jacuí / RS. The study area is the Salto do Jacuí city, located in the state of Rio Grande do Sul - RS, the city is located at latitude 29°05'18 "south and longitude 53°12'45" west, it is located in the Hydrographic Basin of Alto Jacui. The city's choice is to study for several reasons: it is located near the reservoir of the Engenheiro Maia Filho Dam, by the reservoir of the Itaúba Hydroelectric Power Plant and because it is approximately 5 km from the largest reservoir in the state, the Passo Real Reservoir; for being a small city; but the site presents an indigenous reserve and its surroundings (variation of land use). In this sense, for the full development of the research from the point of view of its methodological roadmap. Two fixed sampling points were selected for this research. These points were selected to be able to make an analysis of the climatic behavior of the central area of the city throughout the day, comparing with the point located in a less urbanized area and the banks of the lake, and also to verify the possible changes of a body of water in the local climate. In order to obtain data on air temperature and relative air humidity in the intra-urban area and surrounding areas, the mobile transect methodology was used, based on the simultaneous obtaining of climatic data along preestablished paths within the urban network. Two transects were established that crossed the Salto do Jacuí city in the North-South and East-West directions. To evaluate and map the environmental quality of the urban area of Salto do Jacuí / RS, an adaptation of the methodology developed by Nucci (1998) was used. In this study, negative attributes were chosen to determine the environmental quality, such as: deficit of free spaces, vegetation cover, vertical distribution, polluting uses, population density, flooding areas and land or land uses. Analyzing it can be said that the city of Salto do Jacuí, presents a reasonable environmental quality. The islands of heat generated in the urban area of Salto do Jacuí, is a product of the relation man and nature and predominantly in areas where the environmental quality is low. It was evident that the main influences in the urban climate of Salto do Jacuí, come from the rural surroundings near the city, linked to the type of use and ground cover. In comparison with the data from the Ibirubá Meteorological Station, it can be seen that the regional circulation can be used as a reference, where temperatures were similar, but with a higher value always for the urban area of Salto do Jacuí.

Key words: Urban environmental quality, urban climate, Salto do Jacui, reservoir heat island.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Localização do município do Salto do Jacuí – RS, em relação ao estado do Rio Grande do Sul.....	31
Figura 02 - Mapa político-administrativo do município de Salto do Jacuí.....	32
Figura 03 - Mapa base da área urbana do Salto do Jacuí/RS.....	33
Figura 04 - Localização do município de Salto do Jacuí no contexto hipsométrico e das Províncias Geomorfológicas do estado do Rio Grande do Sul.....	34
Figura 05 - Mapa hipsométrico da área urbana de Salto do Jacuí/RS.....	35
Figura 06 - Mapa de declividade da área urbana de Salto do Jacuí/RS e seu entorno próximo.....	36
Figura 07 - Mapa de orientação de vertentes da área urbana de Salto do Jacuí/RS.....	37
Figura 08 - Bacia do Baixo Jacuí onde está localizada área de estudo no município de Salto do Jacuí/RS.....	39
Figura 09 - Biomas no Rio Grande do Sul.....	40
Imagem 11 - Perfis Geourbanos de Salto do Jacuí.....	43
Figura 12 - Localização das usinas hidrelétricas e pequenas centrais hidrelétricas.....	46
Figura 13 – Barragem Engenheiro Maia Filho.....	47_Toc523524255
Figura 14 - Organização hierárquica das escalas climatológicas.....	51
Figura 15 - Representação da atmosfera urbana.....	52
Figura 16 - Escalas geográficas do clima.....	53
Figura 17 - Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o “Clima Urbano” com destaque para categoria em estudo.....	55
Figura 18 - Mudanças climáticas produzidas pela cidade.....	61
Figura 19 - Sistema clima urbano: input, output e aplicação.....	63
Figura 20 - As escalas climáticas, sua organização e ordem de influência.....	73
Figura 21 - Circulação atmosférica na América do Sul: Centros de Ação.....	74
Figura 22 - Sistemas de Circulação Atmosférica Perturbada na Região Sul.....	78
Figura 23 - Representação das classes climáticas definidas por Araújo (1930).....	81
Figura 24 - Posição da Frente Polar durante o inverno e o verão na América do Sul.....	85
Figura 25 - Tipos de Tempo do Rio Grande do Sul.....	87
Figura 26 - Distribuição dos postos pluviométricos utilizados para a pesquisa e os transectos móveis.....	100
Figura 27 - Abrigos meteorológicos de baixo custo e uso do solo.....	101

Figura 28 - Datalogger, modelo HT 500 Instrutherm.....	102
Figura 29 - Termômetro eletrônico MATSUTЕК HTM120 .....	103
Figura 30 – Mapa de Localização aproximada da Estação Meteorológica INMET/Ibirubá e distância da área de estudo – Salto do Jacuí/RS. ....	106
Figura 31 - Mapa de usos e ocupação da terra da área urbana de Salto do Jacuí – RS e seu entorno próximo .....	110
Figura 32 - Mapa de verticalidade das edificações da área urbana de Salto do Jacuí – RS.....	112
Figura 33 - Mapa de densidade populacional da área urbana de Salto do Jacuí – RS.....	114
Figura 34 - Mapa de déficit de espaços livres públicos da área urbana de Salto do Jacuí – RS .....	116
Figura 35 - Mapa de cobertura vegetal e deserto florístico da área urbana de Salto do Jacuí.....	118
Figura 36 - Mapa de pontos enchenes da área urbana de Salto do Jacuí – RS....	120
Figura 37 - Mapa das fontes poluição da área urbana de Salto do Jacuí – RS.....	122
Figura 38 - Mapa de qualidade ambiental urbana da área urbana de Salto do Jacuí – RS.....	124
Imagem 39 - cartas sinóticas e imagens de satélites das 12h e das 00h do dia 28 de julho de 2016. ....	125
Imagem 40 - Mapas do campo termo-higrométrico de Salto do Jacuí/RS no dia 28/07/2016/ (Primeira situação de inverno) .....	127
Figura 41 - Gráfico da temperatura relativa do ar referente às medições do dia 28 de julho de 2016 .....	131
Figura 42 - Gráfico da umidade relativa do ar referente as medições do dia 28 de julho de 2016.....	132
Imagem 43 - Cartas sinóticas e imagens de satélites das 12h e das 00h do dia 26 de agosto de 2016 .....	134
Imagem 44 - Mapas do campo termo-higrométrico de Salto do Jacuí/RS no dia 26/08/2016 (Segunda situação de inverno) .....	136
Figura 45 - Gráfico da temperatura relativa do ar referente as medições do dia 26 de agosto de 2016 .....	140
Figura 46 - Gráfico da umidade relativa do ar referente as medições do dia 26 de agosto de 2016 .....	142

Imagem 47 - cartas sinóticas e imagens de satélites das 12h e das 00h do dia 12 de janeiro de 2017.....	144
Imagem 48 - Mapas do campo termo-higrométrico de Salto do Jacuí/RS no dia 12/01/2017 (Primeira situação do verão).....	146
Figura 49 - Gráfico da temperatura relativa do ar referente as medições do dia 12 de janeiro de 2017.....	149
Figura 50 - Gráfico da umidade relativa do ar referente as medições do dia 12 de janeiro de 2017.....	151
Figura 51 - Carta Sinótica e imagem de satélite referentes ao dia 25 de fevereiro de 2017.....	153
Imagem 52 - Mapas do campo termo-higrométrico de Salto do Jacuí/RS no dia 25/02/2017 (Segunda situação do verão).....	155
Figura 53 - Gráfico da temperatura relativa do ar referente as medições do dia 25 de fevereiro de 2017 .....	158
Figura 54 - Gráfico da umidade relativa do ar referente as medições do dia 25 de fevereiro de 2017 .....	160



## LISTA DE QUADROS

Quadro 01- vantagens e desvantagens dos pontos fixos .....	90
Quadro 02 - Vantagens e Desvantagens dos Transectos Móveis.....	91



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	--	ANTICICLONE ATLÂNTICO
APA	--	ANTICICLONE POLAR ATLÂNTICO
ATA	--	ANTICICLONE TROPICAL ATLÂNTICO
ATP	--	ANTICICLONE TROPICAL ATLÂNTICO
AP	--	ANTICICLONE POLAR
C°	--	GRAUS CÉLSIUS
Cfa	--	CLIMA SUBTROPICAL ÚMIDO
CEEE-GT	--	COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA-GERAÇÃO E TRANSMISSÃO
CPRM	--	COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS
D.C.	--	DEPOIS DE CRISTO
FPA	--	FRENTE POLAR ATLÂNTICA
IBGE	--	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
IDH	--	ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO
INMET	--	INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA
IT	--	INSTABILIDADE TROPICAL
IUC	--	ILHAS DE CALOR URBANO
IUV	--	INFRAESTRUTURA URBANA VERDE
KM	--	QUILÔMETROS
M	--	METROS
MM	--	MILÍMETROS
MTA	--	MASSA TROPICAL ATLÂNTICA
MTC	--	MASSA TROPICAL CONTINENTAL
MPA	--	MASSA POLAR ATLÂNTICA
MPP	--	MASSA POLAR PACÍFICA
MPV	--	MASSA POLAR VELHA
MTC	--	MASSA TROPICAL CONTINENTAL
MW	--	MEGAWATT
NE	--	NORDESTE
NW	--	NOROESTE
SW	--	SUDOESTE

PIB	--	PRODUTO INTERNO BRUTO
PCH	--	PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA
PROCAD	--	PROGRAMA NACIONAL DE COOPERAÇÃO ACADÊMICA
RS	--	RIO GRANDE DO SUL
SCU	--	SISTEMA CLIMA URBANO
SE	--	SUDESTE
SEMA	--	SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE
SUS	--	SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE
TMC	--	TEMPO UNIVERSAL COORDENADO
TMG	--	TEMPO MÉDIO DE GREENWICH
UFSM	--	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
UHE	--	USINAS HIDRELÉTRICAS
UTM	--	UNIVERSAL TRANSVERSA DE MECATOR
W	--	OESTE
ZCU	--	ZONA DE CLIMA URBANO
ZCIT	--	ZONA DE CONVERGENCIA INTERTROPICAL

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>27</b>
1.1	PROBLEMÁTICA.....	29
1.2	JUSTIFICATIVA.....	29
1.3	OBJETIVOS.....	30
1.3.1	Objetivo geral.....	30
1.3.2	Objetivos específicos .....	30
<b>2.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>31</b>
2.1	ASPECTOS FÍSICO-NATURAIS .....	33
2.2	PAISAGEM E COBERTURA DA TERRA NAS ÁREAS DE COLETA DE DADOS.....	41
2.3	ASPECTOS HISTÓRICOS E SOCIOECONÔMICOS .....	44
2.4	USINAS HIDRELÉTRICAS, PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS E SEUS ASPECTOS .....	45
<b>3.</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA .....</b>	<b>49</b>
3.1	ESCALAS EM CLIMATOLOGIA .....	49
3.2	CLIMA URBANO E SISTEMA DE CLIMA URBANO (SCU) .....	56
3.3	QUALIDADE AMBIENTAL URBANA.....	63
3.4	RESERVATÓRIOS ARTIFICIAIS E SUAS POSSÍVEIS INFLUÊNCIAS NO CLIMA E CONSIDERAÇÕES EM MICROCLIMATOLOGIA.....	68
3.5	CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA E O CLIMA DO RIO GRANDE DO SUL E SEUS TIPOS DE TEMPO .....	72
3.6	TÉCNICAS DE ESTUDO DO CAMPO TÉRMICO: PONTOS FIXOS E TRANSECTOS MÓVEIS .....	89
3.7	CLIMA URBANO: ESTUDOS DE CASOS NO BRASIL E NO MUNDO .....	91
<b>4.</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>99</b>
4.1	INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA A COLETA E OS TRANSECTOS MÓVEIS .....	99
4.2	DO MAPEAMENTO DO CLIMA URBANO EM PERÍODO VERNAL E INVERNAL .....	104
4.3	DA ANÁLISE DAS CARTAS SINÓTICAS.....	105
4.4	DA ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA DO SALTO DO JACUÍ.....	106
<b>5.</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>109</b>

5.1	ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA DE SALTO DO JACUÍ	109
5.2	CAMPO DO DIA 28 DE JULHO DE 2016 .....	125
5.2.1	Identificação dos sistemas atmosféricos .....	125
5.2.2	Análise dos Transectos móveis.....	126
5.2.3	Análise dos pontos fixos da área urbana de Salto do Jacuí – RS .....	130
5.3	CAMPO DO DIA 26 DE AGOSTO DE 2016.....	133
5.3.1	Identificação dos sistemas atmosféricos .....	133
5.3.2	Análise dos Transectos móveis.....	135
5.3.3	Análise dos pontos fixos da área urbana de Salto do Jacuí – RS .....	140
5.4	CAMPO DO DIA 12 DE JANEIRO DE 2017 .....	143
5.4.1	Identificação dos sistemas atmosféricos .....	143
5.4.2	Análise dos Transectos móveis.....	145
5.4.3	Análise dos pontos fixos da área urbana de Salto do Jacuí – RS .....	149
5.5	CAMPO DO DIA 25 DE FEVEREIRO DE 2017 .....	152
5.5.1	Identificação dos sistemas atmosféricos .....	152
5.5.2	Análise dos Transectos móveis.....	154
5.5.3	Análise dos pontos fixos da área urbana de Salto do Jacuí – RS .....	158
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>163</b>
<b>7.</b>	<b>REFEÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>165</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O espaço urbano e o processo de urbanização sempre chamaram atenção de inúmeros pesquisadores nas mais diversas áreas do conhecimento. Ao ser um espaço constituído pelo homem para o próprio homem e que, em muitos casos, a maneira como esse espaço é organizado pode configurar situações prejudiciais para o bem-estar humano (COSTA, 2014).

No entanto, a intensidade do adensamento urbano e populacional atingiu seu auge somente do século XX, caracterizando-se como o século da urbanização. Através do desenvolvimento do capitalismo financeiro, onde as cidades apresentam o fenômeno da formação das metrópoles e megalópoles, responsáveis pela interligação de um conjunto de cidades através da expansão de suas malhas urbanas (LEANDRO FILHO, 2011).

Assim, pode-se afirmar que, no decorrer do processo da evolução humana como sociedade, as cidades vieram a se constituir nos principais centros das atividades humanas. Tornaram-se palco de intensas relações políticas, econômicas e comerciais, as quais proporcionaram o desenvolvimento de extensos adensamentos humanos e urbanos. Com formas, funções e estruturas condizentes a estas atividades (SAYDELLES, 2005).

O processo de urbanização ocorrido nos países desenvolvidos deu-se de forma lenta, gradual e planejada, porém, nos países subdesenvolvidos ocorreu de forma rápida e em geral, pouco planejamento. A urbanização acelerada como a que ocorreu no Brasil, pós década de 1950, contribuiu significativamente para reduzir a qualidade ambiental nas cidades brasileiras de médio e grande porte (LEANDRO FILHO, 2011).

Lombardo (1985) já destacava que a urbanização desordenada causa problemas ecológicos como o desequilíbrio crescente entre a população e os meios materiais e, em contrapartida, a contaminação em todas as suas manifestações. A cidade caracteriza “uma contínua, cumulativa e acentuada ‘derivação antrópica’ do ambiente”, suficiente para implicar em “uma série de alterações sobre a atmosfera – até mesmo em sua própria composição química – tanto ‘sobre ela’ e até mesmo como ‘exportação’ para o ambiente circundante” (MONTEIRO, 1990a)

Dentre as inúmeras áreas que contemplam em seus estudos o espaço urbano, a Climatologia Geográfica é a que aborda o tema clima urbano que é realizado com a finalidade de verificar como os elementos do clima alteram-se mediante a

transformação do meio natural imposta pela urbanização, ou seja, de que forma o espaço construído pelo homem pode alterar a dinâmica climática em escalas meso, topo e microclimática (ROSSATO, 2010).

Sendo assim, já há algumas décadas vem sendo realizados inúmeros estudos em grandes cidades de todo o mundo. Com resultados que podem auxiliar no planejamento dessas cidades, na tentativa de minimizar os efeitos da urbanização sobre a atmosfera urbana e, assim, oferecer melhor qualidade de vida para sua população.

Considerando a existência de espaços urbanizados com diferentes extensões espaciais representados pelas denominações de cidades de pequeno, médio e grande porte, Monteiro (2003) define o clima urbano como um sistema que abrange o clima de um determinado local e sua urbanização, sem haver preocupação em precisar a partir de que grau de urbanização poderia se defini-lo. Assim, pode-se dizer que qualquer área urbana, independente do seu tamanho, apresentará uma alteração do clima local.

Nos últimos anos, tem se efetuado estudos de clima urbano enfocando pequenas e médias cidades. Com o objetivo de diagnosticar e prevenir os possíveis problemas que essas cidades possam vir a enfrentar no futuro ao se tornarem cidades de porte maior. Mas existem aquelas que são realmente muito pequenas, com população urbana inferior a cinco mil habitantes, os quais o que prevalece, em termos de economia para o município é o setor agrícola. Não apresentam acelerado crescimento urbano que indique, a curto e médio prazo, o surgimento de uma grande cidade, mas que, mesmo assim, possui seu espaço modificado pelo homem, configurando-se em uma área urbana em expansão, portanto, segundo a reflexão anterior, possui um clima urbano (ROSSATO, 2010).

Os ambientes urbanos destacam-se pela intensidade com que tais impactos ocorrem notadamente no âmbito da camada de cobertura urbana. Têm suas características climáticas acentuadamente alteradas quanto aos aspectos de composição do ar, radiação de energia, temperatura, umidade relativa e velocidade dos ventos (LANDSBERG, 1970).

Além dos problemas socioambientais inerentes à cidade o processo de urbanização produz alterações no clima local dando origem ao clima urbano que é definido por Monteiro (1976) como um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização. Assim sendo, o clima urbano é um sistema aberto,

complexo, adaptativo e singular à cidade que é o lugar onde ocorrem profundas alterações nos padrões atmosféricos, abrangendo circulação, turbulência e dispersão do ar, albedo e estocagem de calor, evapotranspiração e balanço de energia na superfície (TAHA, 1997; ARNFIELD, 2003; KANDA, 2007). Um dos produtos do clima urbano, que é resultado da modificação do balanço de radiação nas cidades são as ilhas de calor.

Lombardo (1985) definiu a ilha de calor, como uma área onde a temperatura da superfície urbana é mais elevada que as circunvizinhanças, sendo também caracterizadas pelo aumento da temperatura em áreas urbanas com índices superiores aos da zona rural circundante. Para Oke (1987) o mais evidente e documentado exemplo de mudança climática provocada pelo homem é o fenômeno da ilha de calor. Esse fenômeno corresponde a um maior aquecimento de uma área urbana em relação ao seu entorno ou a uma área rural que se intensifica à noite, poucas horas após o pôr do sol e que é melhor visualizado em dias de ventos calmos e céu claro.

O clima urbano afeta a qualidade de vida pelo desconforto térmico que as ilhas de calor e de frio podem gerar. A qualidade ambiental também pode sofrer o impacto do mau uso da terra, das derivações ambientais provocadas pela ação antrópica. Mais recentemente, Nucci (2008) coloca que o aparecimento da ilha de calor altera a qualidade ambiental trazendo sérios riscos ao bem-estar da população, pois podem ser extremamente desconfortáveis no verão principalmente em locais onde estão localizados o núcleo ou cume da ilha de calor, geralmente no centro comercial das cidades

## 1.1 PROBLEMÁTICA

Qual a contribuição da qualidade ambiental urbana do Salto do Jacuí – RS na intensificação dos bolsões de calor e frescor.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Justifica-se a presente pesquisa, que entender a dinâmica climática de cidades de pequeno porte, pode ter grandes ganhos para a qualidade ambiental da mesma.

Ainda, vem a auxiliar em projetos urbanísticos, com o intuito de melhorar o planejamento e conforto térmico do meio urbano.

Além disso, a cidade estudada até então não apresenta nenhum estudo sobre a relação do clima urbano, com ênfase na qualidade ambiental urbana. Esta pesquisa também tem o intuito de motivar projetos que utilizam esses dados de clima urbano para melhorar a qualidade ambiental das cidades de médio a pequeno porte.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa consiste em mensurar e avaliar o campo termo-higrométrico e a qualidade ambiental da área urbana de Salto do Jacuí/RS.

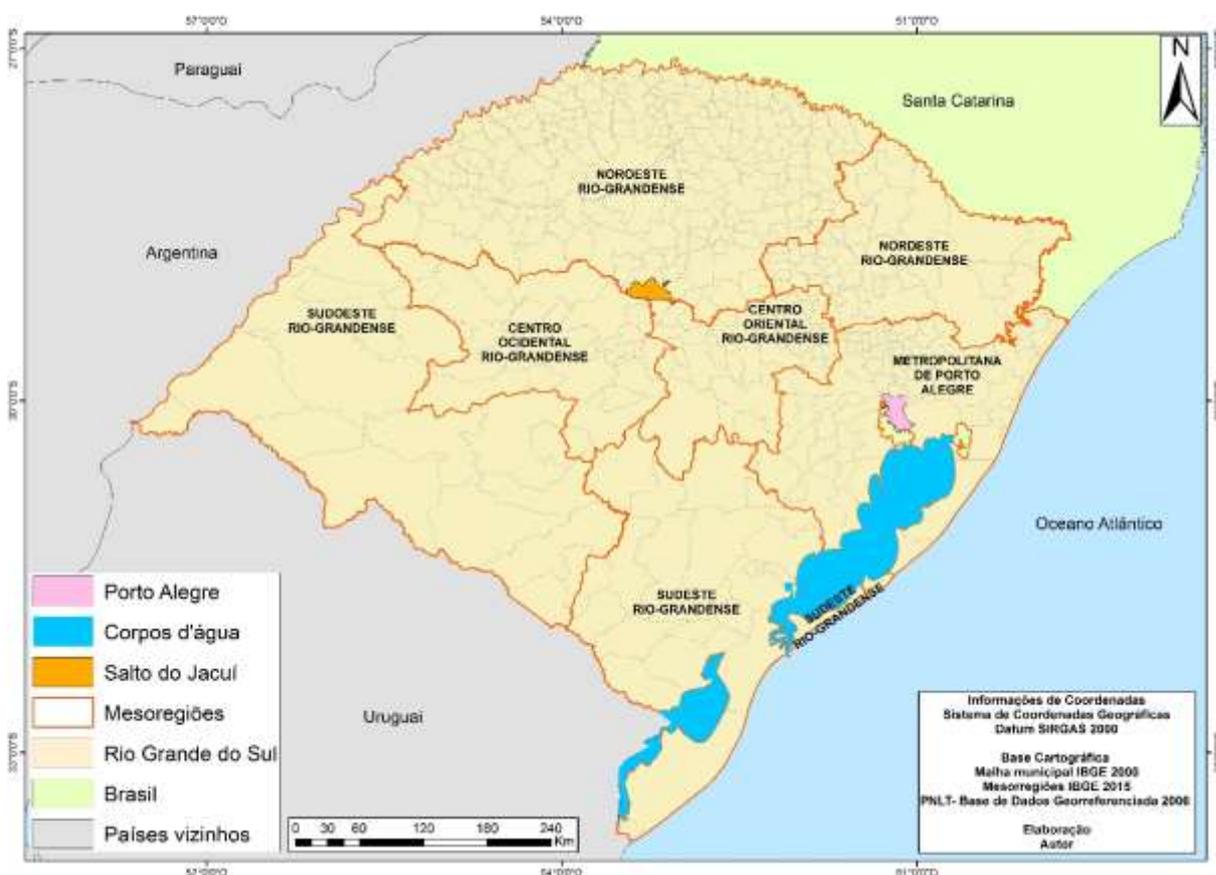
#### 1.3.2 Objetivos específicos

- Analisar a qualidade ambiental urbana de Salto do Jacuí/RS com base na metodologia desenvolvida por NUCCI (2008) e relacioná-la com o campo termo-higrométrico;
- Levantar e identificar os sistemas atmosféricos e tipos de tempos dominantes nos quatro levantamentos termo higrométricos do Salto do Jacuí.
- Espacializar os valores de temperatura e umidade relativa do ar obtidos em observações por transecto móvel na área urbana do Salto do Jacuí/RS, em situação de inverno e verão no ano de 2016/2017;
- Verificar a influência de elementos geourbanos na provável formação de núcleos de calor e frescor urbanas do Salto do Jacuí/RS e sua relação com a qualidade ambiental urbana da cidade.
- Coletar e comparar dados através dos abrigos meteorológicos, instalando em diferentes usos e cobertura da terra na área urbana de Salto do Jacuí.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é a cidade do Salto do Jacuí pertencente ao estado do Rio Grande do Sul - RS, a cidade localiza-se a 29°05'18" de latitude sul e a 53°12'45" de longitude oeste, está na Região Alto Jacuí do Estado, a qual oficialmente pertence a Mesorregião do Noroeste Rio-grandense e à Microrregião Geográfica de Cruz Alta (FEE, 2017) (Figura 01).

Figura 01 - Localização do município do Salto do Jacuí – RS, em relação ao estado do Rio Grande do Sul



Elaboração: Autor.

Salto do Jacuí faz divisa com cinco municípios sendo eles: Estrela Velha e Júlio de Castilho ao sul, Arroio do Tigre ao sudeste, Jacuizinho de nordeste ao leste e Fortaleza dos Valos de Oeste ao Norte. E seu principal acesso dá-se pela BR 481 que liga a BR 287 (Novos Cabrais) a BR 158 (Cruz Alta) (Figura 02).

Figura 02 - Mapa político-administrativo do município de Salto do Jacuí



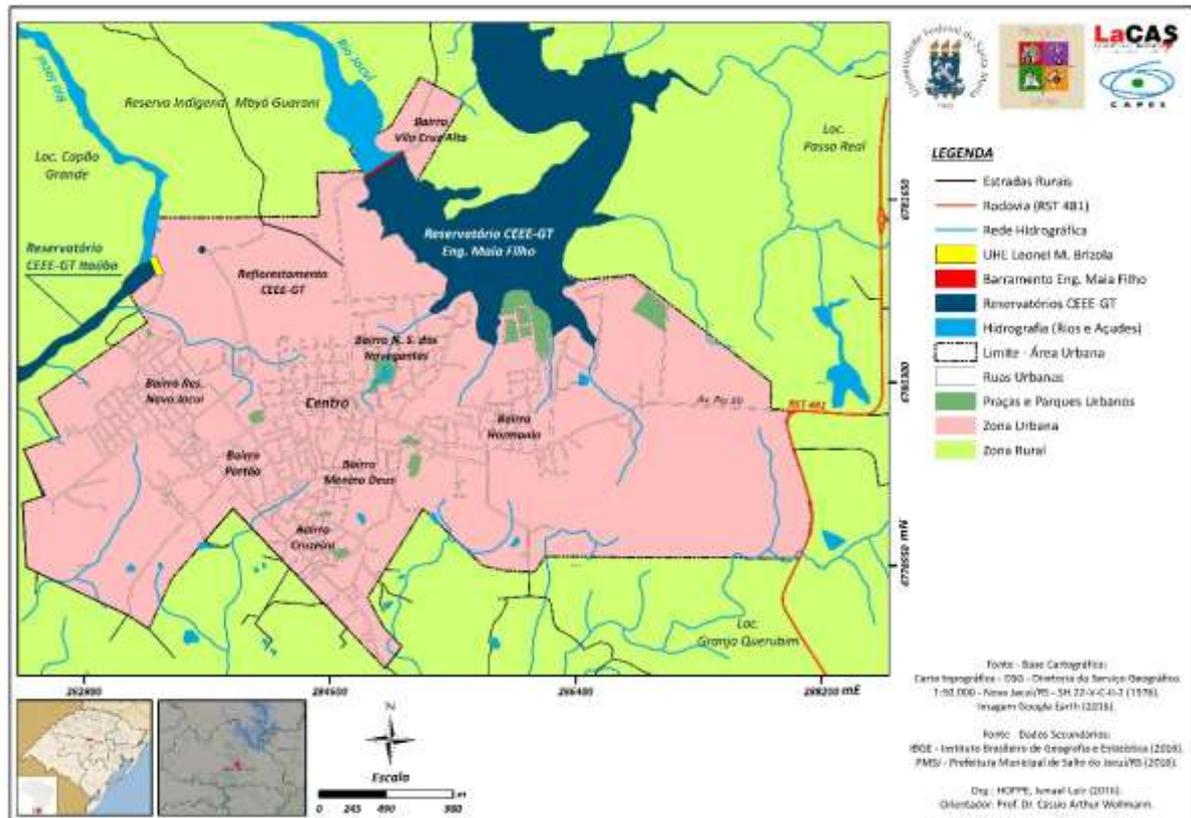
Elaboração: Autor

A população total segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é de 12.460 habitantes, sendo 10.208 na área urbana e 1.672 na área rural e a densidade demográfica é de 23,4 habitantes/km<sup>2</sup>, e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,749 (IBGE, 2017).

A origem do nome do município é indígena “Jacuí” que significa Rio dos Jacús e Rio das Canoas, e também por haver um grande “Salto” (queda d’água). A cidade de Salto do Jacuí está a uma altitude média de 320 metros acima do nível do mar (IBGE, 2017).

Salto do Jacuí encontra-se a uma distância de 220 km de Porto Alegre, capital do Estado do Rio Grande do Sul (em linha reta), e sua área total é de 519,197km<sup>2</sup> (Figura 02).

Figura 03 - Mapa base da área urbana do Salto do Jacuí/RS.



Elaboração: Autor.

Salto do Jacuí é conhecida como a Capital Gaúcha da Energia Elétrica, tem uma relação especial com as águas, pois possui o maior lago artificial do Rio Grande do Sul - Bacia do Passo Real e a Represa Engenheiro Maia Filho. O complexo hidrelétrico do sistema Jacuí é responsável por 65% da energia gerada pela CEEE (Companhia Estadual de Energia Elétrica) no Estado e 35% da carga consumida pelos gaúchos (REDE CIDADES, 2017).

## 2.1 ASPECTOS FÍSICO-NATURAIS

O município do Salto do Jacuí apresenta na sua base rochas ígneas segundo a classificação da CPRM (2017). As rochas ígneas vêm do resultado da solidificação da fusão do magma, apresentando na sua composição a sílica. As rochas predominantes no município do Salto do Jacuí pertencem à Formação Serra Geral, a qual corresponde a fácies Gramado. Refere-se a um conjunto de derrames com

espessura máxima em torno de 300 metros que representam as primeiras manifestações vulcânicas sobre os sedimentos arenosos do deserto Botucatu.

O município de Salto do Jacuí é o maior produtor de pedras ágatas, com aproximadamente 80% a 90% da produção total do Estado. Encontradas nas margens direita e esquerda do rio Jacuí, estão localizadas as maiores jazidas do mundo de pedra ágata do tipo “umbu” que possui uma coloração cinza-azulada e que possibilita ao lapidador obter cores homogêneas através do tingimento. A exploração da ágata na região de Salto do Jacuí, remonta as primeiras décadas do século quando imigrantes alemães se instalaram e tomaram conhecimento da existência dessa gema, muito apreciada em sua terra natal (BRANCO, 2009).

O estado do Rio Grande do Sul está dividido em cinco unidades geológicas sendo elas: o escudo sul-rio-grandense, o Planalto da Bacia do Paraná, a Depressão Central, a Planície Costeira e a Cuesta do Haedo. O município de Salto do Jacuí está localizado no Planalto da Bacia do Paraná, Conforme pode ser visualizado na figura 04 (SEPLAG, 2008).

Figura 04 - Localização do município de Salto do Jacuí no contexto hipsométrico e das Províncias Geomorfológicas do estado do Rio Grande do Sul



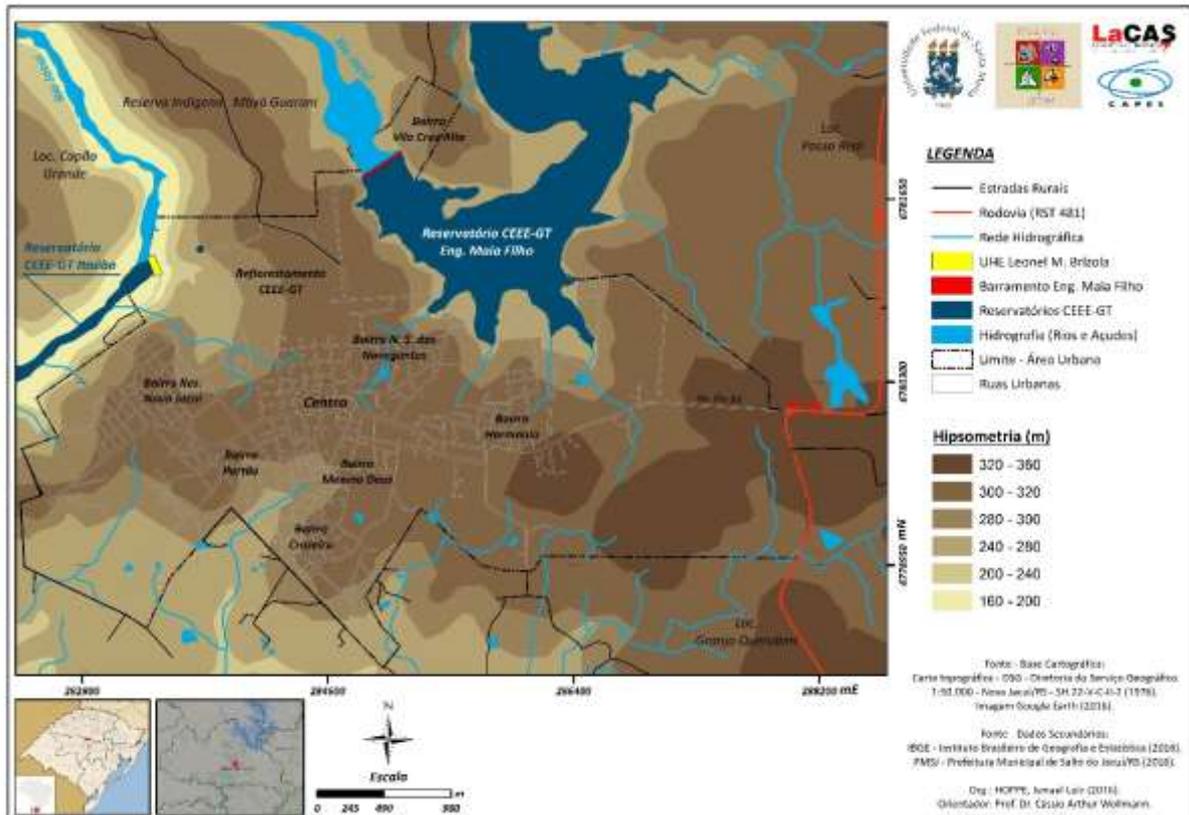
Fonte: Atlas Eólico do Rio Grande do Sul (SEMC, 2002).

As rochas mais comuns encontradas no Planalto da Bacia do Paraná são da Formação Serra Geral, constituídas em sua maioria por basaltos e abaixo, as rochas areníticas da Formação Botucatu que formam o Aquífero Guarani.

A área urbana do Salto do Jacuí não possui alta amplitude altimétrica, correspondendo de 160 m a 360 m acima do nível do mar. Para a geração do mapa

hipsométrico (Figura 05) foi utilizado o método de classificação de Sturges, o qual originou seis classes.

Figura 05 - Mapa hipsométrico da área urbana de Salto do Jacuí/RS.

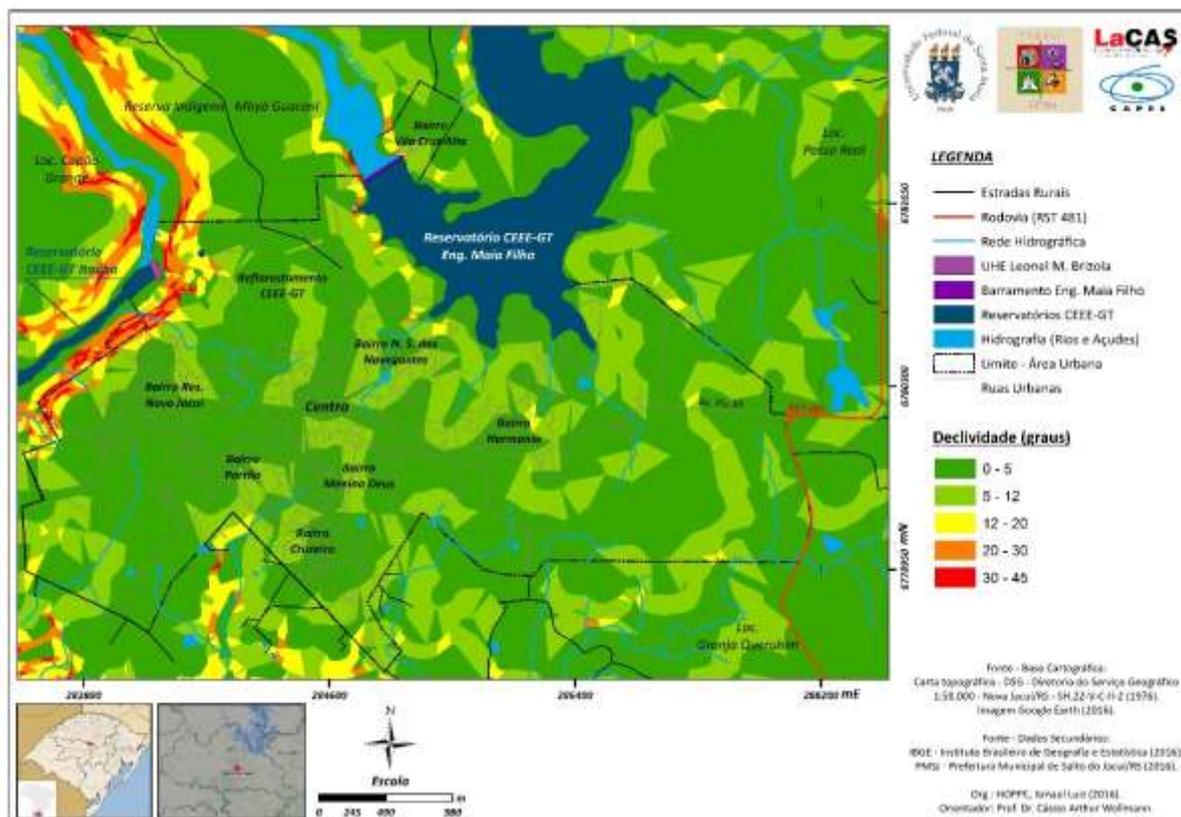


Organização: Autor.

As menores altitudes se localizam próximos ao leito do rio Jacuí que passa ao norte e o oeste da cidade. Ao sul da área também estão as partes mais baixas as quais estão associadas às redes de drenagem. Assim, as áreas com as maiores altitudes localizam-se no centro da cidade cuja altimetria varia de 280 m a 320 m e a área mais alta está localizada onde se dá o acesso rodoviário da cidade cuja altimetria varia de 320 a 360 m.

Na área urbana do Salto do Jacuí não apresenta uma grande declividade, apresentando uma declividade de 0° a 12°, conforme figura 06.

Figura 06 - Mapa de declividade da área urbana de Salto do Jacuí/RS e seu entorno próximo

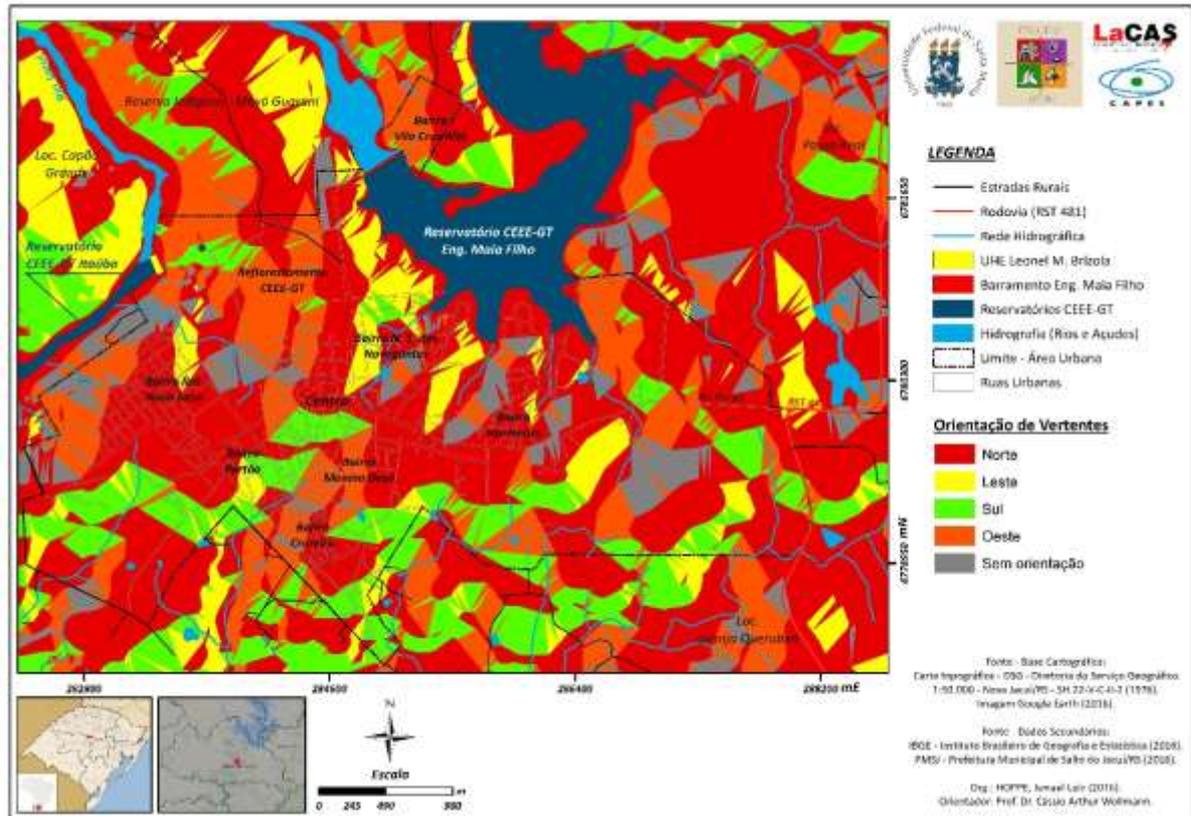


Organização: Autor.

As maiores declividades estão a oeste, às margens do rio Jacuí e às margens do lago da represa de Itaúba, as quais o terreno apresenta declividade que vai de 12 a 45 graus. Próximo à represa Engenheiro Maia Filho e ao bairro Cruz Alta, setor norte da cidade, apresenta declividade que varia de 12 a 20 graus. Como pode ser visto na figura 6, as demais áreas urbanas apresentam pouco declínio não ultrapassando os 12 graus.

Como pode-se observar na Figura 07, o mapa mostra a orientação de vertentes. Pode-se ver que a maioria das vertentes estão voltadas para o norte e oeste, as vertentes voltadas ao norte recebem maior insolação durante o dia todo e as vertentes voltada à oeste recebem a maior quantidade de insolação na parte da tarde.

Figura 07 - Mapa de orientação de vertentes da área urbana de Salto do Jacuí/RS.



Organização: autor.

O clima na área de estudo é definido como Cfa, subtropical úmido com verão quente, segundo a classificação de Köppen. As médias anuais são de 18 e 20°C e a precipitação pluviométrica abundante é de cerca de 2000 mm/ano e são bem distribuídas ao longo do ano (KÖPPEN, 1900).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), o clima da região é classificado como subtropical super úmido sem seca com temperaturas médias entre 10 °C a 15 °C. As temperaturas na área de estudo, bem como no estado do Rio Grande do Sul variam conforme as estações do ano. Em períodos de inverno a temperatura média fica entorno de 10°C a 15°C, as médias mínimas ficam entre 6° e 10 °C e nos verões a temperatura média é superior a 22°C, a médias das máximas variam entre os 28°C e 30°C. Essa amplitude térmica se dá pela entrada de energia solar entre os solstícios e os equinócios e pela atuação das massas de ar sobre a região (SARTORI, 2003).

Segundo o Atlas Eólico (2014), a temperatura média para a área em estudo fica de 16°C e 20°C. No período do verão as temperaturas médias para essa época do

ano ficam entre 20°C e 24°C, no outono e primavera as médias ficam entre os 16°C e 20° e no inverno as médias ficam entre os 10°C e 16°C.

A umidade relativa do ar varia entre 70% e 85%, sendo que nos verões é menor e nos invernos maior. Os nevoeiros ocorrem principalmente de maio a agosto, período de maior umidade e são mais frequentes na Depressão (SARTORI, op. cit.). Os ventos predominantes são de sudeste seguido por ventos de leste e sul. Os ventos mais fortes vêm do quadrante norte e oeste e os ventos mais fracos são do quadrante leste e sul (Atlas Eólico, 2014).

Para o Rio Grande do Sul especialmente para a área de estudo, os totais pluviométricos habituais são aqueles que ficam entre 1400 mm e 1800 mm. Abaixo disto são considerados anos menos chuvosos e acima destes valores são considerados anos mais chuvosos. E o habitual pluviométrico entre as quatro estações do ano são de 350 mm a 450 mm por estação do ano (WOLLMANN; SARTORI, 2009; SARTORI, 1980, 1993a, 1993c).

Em concordância com o GERS (2014), a precipitação média anual para a área em estudo varia de 1600 mm a 1800 mm, na estação de verão as chuvas médias variam entre 400 mm a 450 mm, no período do outono a precipitação média registrada fica em torno de 375 mm a 325 mm, no inverno é o período que mais chove quando é registrado uma média de 425 mm a 500 mm de chuva, durante a primavera a precipitação média varia de 425 mm a 450 mm.

Conforme Baratto (2017) na área em estudo os totais pluviométricos habituais são aqueles que ficam entre 1692 mm e 1747 mm. Em período de verão os totais pluviométricos registrados ficam entre 396 mm e 424 mm. No outono registram entre 377 mm e 395 mm, na estação do ano inverno registra 396 mm e 425 mm e na primavera os registros para esta área é de 484 mm e 541 mm.

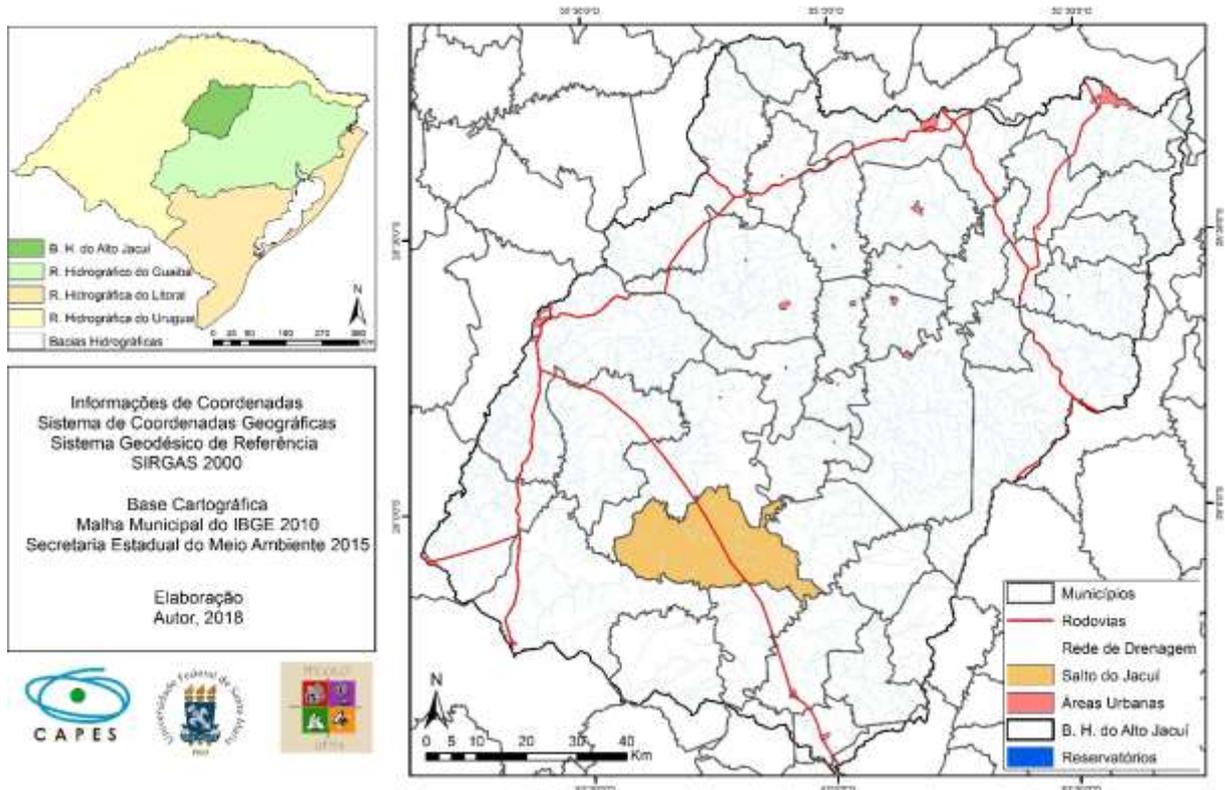
Os sistemas Extratropicais que controlam a circulação secundária regional durante as estações do ano são representados pela Massa Polar Atlântica, Massa Polar Velha, Frente Polar Atlântica, e os sistemas Intertropicais de menor intensidade são representados pela Massa Tropical Atlântica e Massa Tropical Continental, Frente Quente de Nordeste e Instabilidades Tropicais (SARTORI, 2003).

Com relação à hidrografia da área é possível destacar o rio Jacuí estendendo-se do município de Passo Fundo a Porto Alegre, sendo um dos corpos hídricos mais importantes da região pelo fato de ser considerado um grande gerador de energia. O Rio além de ser navegável é utilizado na irrigação, é também um fator importante no

quesito geração de energia elétrica. Ao longo do seu percurso foram construídas diversas Usinas Hidrelétricas, sendo elas: Usina Hidrelétrica de Ernestina, Passo Real, Jacuí, Itaúba e Dona Francisca ficando conhecido como Sistema Jacuí (CEEE, 2008).

Segundo a Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMA) (2017), Salto do Jacuí está inserido na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, (Figura 08), que possui área de 12.985,44 Km<sup>2</sup> abrangendo municípios como Carazinho, Cruz Alta, Passo Fundo, Sobradinho e Tupanciretã, com população estimada em 366.628 habitantes. Os principais cursos de água são os rios Jacuí, Jacuí-Mirim, Jacuizinho, dos Caixões e Soturno. Entre os principais usos dos recursos hídricos dessa bacia tem-se a irrigação, o uso industrial, o abastecimento humano, dessedentação animal, atividades de lazer, turismo e a geração de energia.

Figura 08 - Bacia do Baixo Jacuí onde está localizada área de estudo no município de Salto do Jacuí/RS.

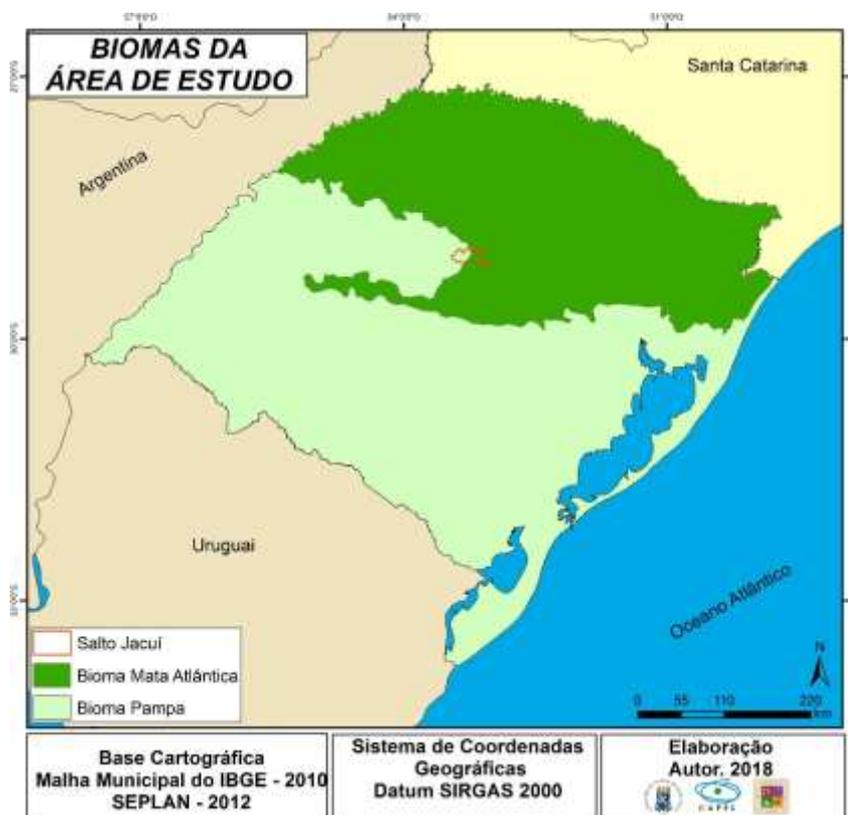


Elaboração: O autor.

Tratando-se de biomas existentes na área de estudo, a mesma apresenta características tanto da Mata Atlântica, quanto do Pampa (Figura 09). Segundo o

Ministério do Meio Ambiente (2016) o bioma Pampa equivale a mais que a metade do estado do Rio Grande do Sul, mas na área em estudo esse bioma representa a menor área.

Figura 09 - Biomas no Rio Grande do Sul



Fonte: IBGE. (2017)

A vegetação na encosta do vale do Rio Jacuí é integrante do domínio Mata Atlântica que é um dos mais ameaçados do planeta. Após a intensa utilização da terra que foi comum a prática de roçada e queimada pelos moradores que se estabeleceram no local. Atualmente a vegetação está bastante degradada e em diferentes estágios de sucessão composta por capoeira, mata secundária e mata ribeirinha (DURLO; MARCHIORI; LONGUI; 1982, LONGUI; DURLO; MARCHIORI, (1982); MARCHIORI; LONGUI; DURLO, (1982); MARCUZZO; PAGEL; CHIAPPETTI, (1998)), estando os maiores fragmentos restritos às áreas mais declivosas ou mesmo protegidas por lei após construção das usinas, como ocorre na área de estudo.

A vegetação da área originalmente era constituída pela Floresta Estacional Decidual nas encostas dos vales formados pelo Rio Jacuí e seus tributários. Nas áreas

de Planalto, predominavam os campos. Com capões esparsos e matas ciliares. Atualmente a vegetação original pode ser observada em locais de difícil acesso, como nas encostas íngremes (LA SALVIA; MARADIN, 1983; CEEE, 2008).

## 2.2 PAISAGEM E COBERTURA DA TERRA NAS ÁREAS DE COLETA DE DADOS

O reservatório Engenheiro Maia Filho e a UHE Governador Leonel de Moura Brizola localizam-se sobre as rochas que preenchem a Bacia do Paraná, localizado sobre o domínio da bacia sedimentar do Paraná do Planalto Meridional, formada por rochas vulcânicas da Bacia do Paraná e coberto de campos e matas mistas com araucária (CEEE, 2008).

Na figura 10 é observado um panorama geral da área de estudos. Sendo que apresenta a área urbana do município de Salto do Jacuí, bem como o reservatório Engenheiro Maia Filho que está na área urbana. Juntamente com a área de reflorestamento da CEEE.

Figura 10 - Imagem aérea da área urbana de Salto do Jacuí e o seu entorno.



Fonte: Prefeitura municipal do Salto do Jacuí

Situado em meio a duas formações vegetais diferentes, identificadas, segundo IBGE (2003), como “Estepe” e “Floresta Estacional Decidual”. A região da estepe

distribui-se contornando todo o Reservatório. Essa é vegetação de caráter gramíneo-lenhosa com presença de florestas que acompanham os cursos d'água. A Floresta Estacional Decidual tem limite próximo ao reservatório, a oeste deste. Nas áreas mais planas onde dominam áreas de campo/agricultura/pastagem são presentes as matas ciliares.

Originalmente a formação vegetal predominante na região fisiográfica do Planalto Médio era o campo com matas de galeria, identificado por Estepe (IBGE, 2003). Áreas ocupadas por vegetação de campo nativo são raras e mal manejadas na região, ocupadas por lavouras de soja, trigo e milho em especial ou ocupadas pela prática da pecuária. A pecuária favorece o desaparecimento de algumas espécies, como o caso das leguminosas muito procuradas pelos animais (BOLDRINI, 1997).

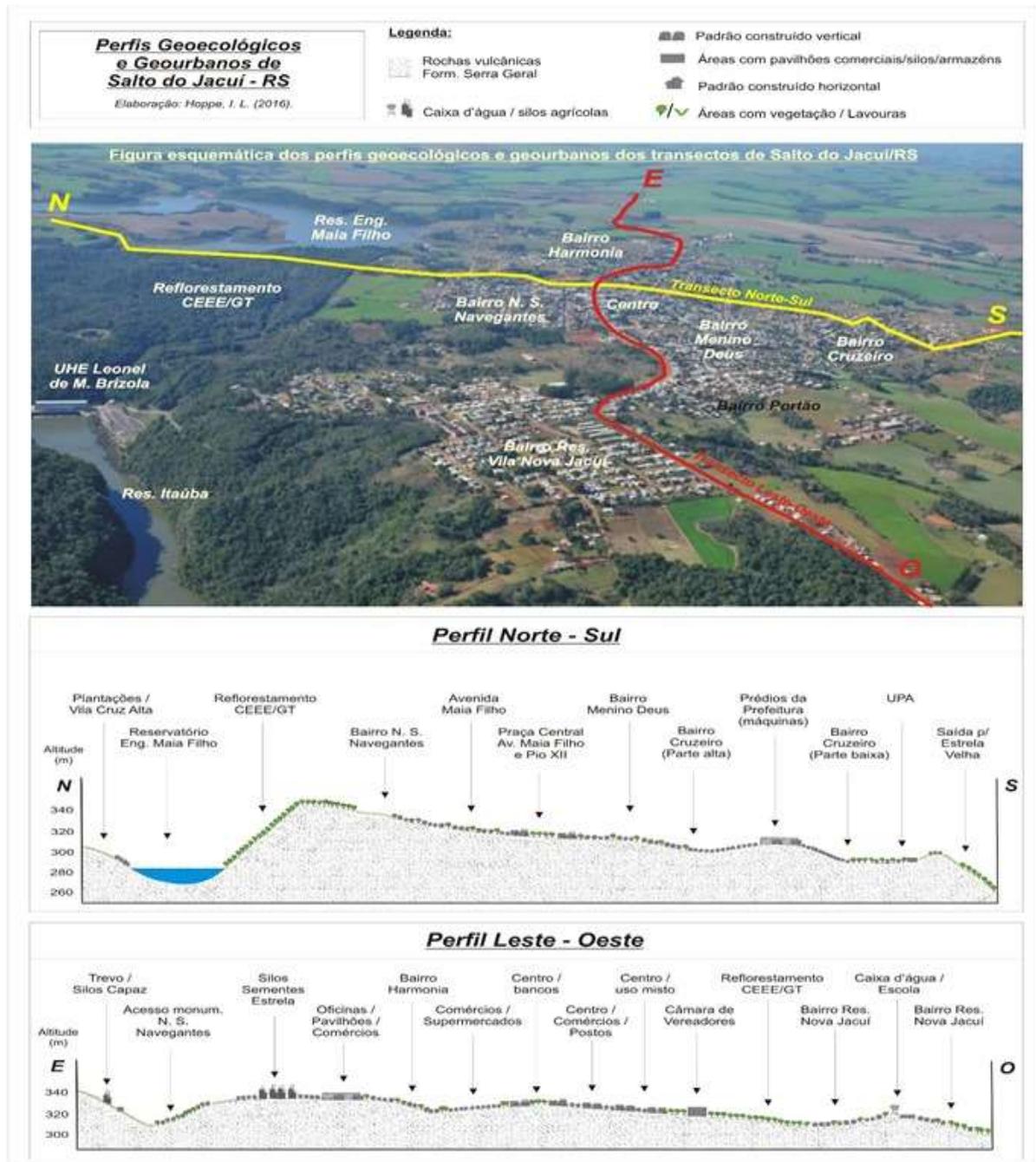
A área central da cidade de Salto do Jacuí, percebe-se uma quantidade considerável de residências, comércio em geral como lojas, postos de combustíveis e mercados entre outros. Nesta área também é observado ruas pavimentadas com asfalto, calçamento, e “chão batido”, poucas áreas verdes. Além do mais ocorre um maior trânsito de pessoas e automóveis.

No entorno da área de estudo é possível observar diferenças de uso da terra. Sendo que nesta área ocorre uma maior cobertura vegetal de grande porte, uma drástica redução na quantidade de residências, circulação de automóveis e pessoas. Também verifica-se a presença de lavouras, e o reservatório Engenheiro Maia Filho.

O Perfil Norte-Sul (Figura 11) tem início em uma área de plantio rural, em uma altitude de 305 m acima do nível do mar. O mesmo passa pelo bairro Vila Cruz Alta, em seguida sobre o reservatório Engenheiro Maia Filho cruzando o interior da área de reflorestamento da Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE) atingindo uma altitude de 341 m acima do nível do mar.

Quanto mais se desloca ao sul do trajeto decai a altitude, esse perfil percorre o bairro Nossa Senhora do Navegantes deslocando-se por uma pequena parte da região central da cidade, cruzando os bairros Menino Deus e Cruzeiro onde se encontra a secretaria de obras na qual existe o pavilhão que armazena o maquinário de obras da prefeitura municipal, sendo a parte mais elevada do bairro, este perfil continua pelo bairro Cruzeiro (parte baixa), se deslocando para a periferia da área urbana, ao qual se tem a menor altitude de 259 m acima do nível do mar. Conforme a imagem 11.

Imagem 11 - Perfis Geourbanos de Salto do Jacuí



Elaboração: Hoppe, I. L. (2016)

O Perfil Leste-Oeste como pode ser observado na imagem 11 é um perfil mais homogêneo em relação as suas altitudes, havendo poucas alterações altimétricas, sendo elas em torno de 300m à 338m acima do nível do mar, o perfil começa na área urbana, no qual cruza pela área onde há maior concentração de agroindústrias da região percorrendo a maior parte do trajeto pela região de comércio, oficinas, postos

de combustíveis, também passa pelo bairro Harmonia, andando pela região central da cidade, onde há presença de todo o comércio em geral.

Saindo desta parte comercial do centro, encontra-se a área mista da região, sendo composta por população e comércio, cruzando ao lado do reflorestamento da CEEE, passando por algumas praças e escolas, se desloca para o bairro Nova Jacuí e locomove-se em direção a periferia do bairro.

Em comparação aos dois perfis apresentados foi possível observar que, o perfil Norte-Sul é o que apresenta maior concentração de áreas verdes. Comparando-o com o perfil Leste-Oeste que possui a maior concentração de edificações ao longo do seu trajeto. O primeiro perfil é o mais arborizado devido a presença do reflorestamento.

### 2.3 ASPECTOS HISTÓRICOS E SOCIOECONÔMICOS

Em 1877, os primeiros habitantes se estabeleceram na região, eram oito famílias descendentes de açorianos, fixaram suas moradias no atual município de Salto do Jacuí, vindos de locais vizinhos. O local na época era chamado de “Porteirinho” que era vulgarmente chamado de 'saco da raposa' porque só existia uma via de acesso para local (IBGE, 2017).

A região de Salto do Jacuí, na margem esquerda do rio, pertencia ao quinto distrito de Soledade em 1891, que englobava também os atuais municípios vizinhos. Inicialmente este distrito tinha apenas o nome de Jacuizinho. Em 1954 Espumoso se emancipa, a região então permanece ao município de Espumoso. A partir da década de 50, em referência a uma queda d'água do rio Jacuí, próxima ao local, passou a ser chamada de Salto Grande, como era o nome do sexto distrito de Espumoso criado em 1961. No entanto. Quando o município foi criado passou a ter a denominação atual Salto do Jacuí (PM SALTO DO JACUÍ, 2017).

Mais tarde em 1951 com o início das obras de construção do túnel que liga a barragem com a casa de máquinas pela firma Mantiqueira S/A, ocorreu um processo de crescimento da povoação do local, formando-se a vila residencial dos funcionários da CEEE, que trabalhavam na usina.

O município de Salto do Jacuí na atualidade possui 11.880 habitantes (IBGE, 2017), distribuídos em sua minoria na zona rural com aproximadamente 1.672 habitantes (14%), está dividida em 6 distritos e na área urbana residem 10.208 habitantes (86%). Com relação ao nível de educação da população, os dados

apontam que dos residentes da área 10.093 são alfabetizados e que o grau de cidadãos analfabetos está perto dos 8,57% (FEE, 2017).

Atualmente a população rural encontra-se organizada basicamente em pequenas propriedades e a economia da região está fortemente ligada à agricultura, com ênfase na produção da soja. Além de práticas na pecuária onde se criam aves, bovinos e suínos para o consumo e uso familiar e venda do excedente (IBGE, 2017).

Com relação à economia do município, pesquisas apontam que o rendimento mediano per capita na zona rural é de R\$ 342,00 e para zona urbana o valor é de R\$ 510,00 e que o rendimento médio mensal dos domicílios particulares por domicílio residente é tido para zona rural como R\$ 713,72 e na zona urbana encontra-se próximo dos R\$ 466,65 (IBGE, 2010). De maneira que com base nestas informações torna-se evidente que a maior parte da população está situada na zona urbana, acumulando um capital mais alto.

O município também abrange dez estabelecimentos de saúde pertencentes ao SUS (Sistema Único de Saúde) que atendem os moradores locais. Além disso, os índices apontam que a expectativa de vida dos residentes de Salto do Jacuí é de 75 anos, e demonstra também que o índice de mortalidade infantil é de 13 a cada 1000 recém-nascidos vivos (FEE, 2017).

O município de Salto do Jacuí tem como principais atividades agrícolas o plantio da aveia, cana de açúcar, mandioca, milho, soja e o trigo. Segundo o IBGE com estimativa do censo de 2015, à total produzido na área de estudo foi de 1.300 toneladas de aveia, 27.000 toneladas de cana de açúcar, 2.000 toneladas de mandioca, 22.800 toneladas de milho, 66.840 toneladas de soja e 3.600 toneladas de trigo, totalizando 28.460 hectares plantados e colhidos.

Como a economia do município de Salto do Jacuí é voltada à comercialização de geodos em bruto das ágatas. Segundo o Sindipedras (2014) quantidade de ágatas exportadas no ano de 2013 foi 3.317.116,00 dólares e um volume total de 1.302,560 kg.

## 2.4 USINAS HIDRELÉTRICAS, PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS E SEUS ASPECTOS

Como pode observar nos limites administrativos do município de Salto do Jacuí encontramos inserido duas usinas hidrelétricas, duas pequenas centrais hidrelétricas

e o lago da usina hidrelétrica de Itaúba. Ao norte do município está a usina hidrelétrica de Passo real no centro município e às margens da área urbana está a Usina Jacuí e ao sul do município está o lago artificial da usina hidrelétrica de Itaúba, ambas no rio Jacuí. As pequenas centrais hidrelétricas se encontram no rio Ivaí, sendo elas, + a Henrique Kotzian e a Ernesto Dreher, ambas estão na divisa dos municípios de Salto do Jacuí com Júlio de Castilhos (Figura 12).

Figura 12 - Localização das usinas hidrelétricas e pequenas centrais hidrelétricas



Fonte: Adaptado de Minas e Energia RS, 2016.

A Usina Hidrelétrica Passo Real é composta por duas turbinas, tem potência efetiva de 158 MW, está sob concessão da Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica. Foi inaugurada em março de 1973, possui duas unidades geradoras. A barragem apresenta seis comportas, a dimensão do lago é de 24.882 hectares e é o maior lago artificial do Rio Grande do Sul (CEEE, 2017).

O Reservatório Passo Real atinge os municípios de Fortaleza dos Valos, Quinze de Novembro, Ibirubá e Selbach, Alto Alegre, Campos Borges, Jacuizinho e Salto do Jacuí. A barragem do Passo Real tem 58 metros de altura e 715 metros de

comprimento, as turbinas são do tipo Kaplan, eixo vertical, tem potência de 64 MW cada e tem uma queda líquida de 41 metros (CEEE, 2017).

A Usina de Jacuí, rebatizada recentemente por Decreto Estadual nº 43. 888, de 21 de junho de 2005 como usina Leonel de Moura Brizola, tem potência efetiva de 180 MW e sua concessionária é a Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica. A primeira unidade da Usina Hidrelétrica começou a operar em 1962, a usina possui seis grupos geradores de 30 MW, com adução realizada por túnel de 1.200 metros de comprimento e nove metros de diâmetro (CEEE, 2017).

A Barragem Engenheiro Maia Filho (Figura 13), forma um reservatório de 5.420 hectares e possui dezessete comportas. O reservatório atinge apenas o município de Salto do Jacuí, a barragem engenheiro Maia Filho tem 24,45 metros de altura e 431,50 metros de comprimento, com potência 30 MW cada e tem uma queda líquida de 96 metros (CEEE, 2017).

Figura 13 – Barragem Engenheiro Maia Filho



Fonte: Prefeitura municipal do Salto do Jacuí

A Usina Hidrelétrica de Itaúba foi inaugurada em 1978, localizada no rio Jacuí, no município de Estrela Velha. Possui quadro unidades geradoras de 125 MW, totalizando 500MW. O reservatório é de 12.950 hectares, está sob concessão da Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica (CEEE, 2017).

O reservatório atinge os Municípios de Júlio de Castilhos, Pinhal Grande, Estrela Velha e Salto do Jacuí. A barragem tem 97 metros de altura, 385 metros de comprimento, tem uma queda líquida de 87,60 metros, as turbinas são do tipo Francis, eixo vertical com potência de 128,10 MW cada (CEEE, 2017).

Em relação as maiores represas em geração de energia elétrica sobre a concessão da Companhia Estadual de Energia Elétrica para o Rio Grande do Sul a Usina Hidrelétrica de Itaúba está em 3º lugar com 500 MW de potência, seguido em 4º lugar a Usina Hidrelétrica do Jacuí com potência de 180 MW e em 5º lugar está a Usina Hidrelétrica do Passo Real com 158 MW de potência.

As pequenas centrais hidrelétricas (PCH) Ernesto Jorge Dreher e Henrique Kotzian estão localizadas no rio Ivaí, nos municípios de Júlio de Castilho e Salto do Jacuí. A PCH Ernesto Jorge Dreher tem uma potência de gerar 17,87 MW e Henrique Kotzian tem potência de gerar 13 MW. A CMSA participações detém 27,63% da BME Energia. Os demais acionistas são: Boca do Monte Energia (41,51%) e Participações S.A., Coprel Cooperativa de Geração de Energia (25%) e Desenvolvimento e Félix Borges Caon (5,68%). Seu período de concessão é de 30 anos, tendo início em 2005 e término em 2035 (CMSA, 2017).

A pequena central hidrelétrica Ernesto Jorge Dreher é composta por três turbinas Francis Dupla Horizontal de 5,715 MW cada, três geradores de potência de 6,350 MVA cada e tem uma potência de 17,870 MW, o barramento possui 18,5 metros de altura e 282 metros de comprimento. A pequena central hidrelétrica Henrique Kotzian é composta três Turbinas Francis Dupla Horizontal de 4,529 MW cada, três Geradores de potência de 4,900 MVA cada e tem uma potência de 13,00 MW, o barramento possui 40,4 metros de altura e 227,4 metros de comprimento. O município do Salto do Jacuí teve seu desenvolvimento graças as construções das usinas hidrelétricas Passo Real e Leonel Brizola, e também das Pequenas Centrais Hidrelétricas Dreher e Kotzian, que estão instaladas no interior do município (CMSA, 2017).

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA**

Para a fundamentação deste trabalho foi realizado um estudo baseado em referências específicas a respeito de cada assunto abordado neste trabalho, pois foi necessário para sua compreensão. No primeiro momento foi abordado o tema referente às escalas climáticas de modo a compreender em qual escala a área em estudo se enquadra e como a localidade a ser avaliada encontra-se dentro do estado do Rio Grande do Sul, foi preciso compreender a dinâmica do clima da região e a circulação atmosférica, os quais foram selecionados denominados autores que abordam em suas teses o clima do Rio Grande do Sul e a maneira como se comportam os elementos climáticos, além de demonstrar por quais fatores são influenciados.

Ainda foram feitas leituras em pesquisas realizadas a respeito de Usinas Hidrelétricas, apontando as alterações ocorridas após a introdução dos lagos artificiais que alimentam o sistema gerador de energia, evidenciando o modo como estes reservatórios influenciam o clima local das áreas que os cercam e considerações em microclimatologia. Para isso foi utilizado diversos autores como referência.

Além disso, foram realizadas leituras referentes ao clima urbano e o sistema clima urbano para compreender como se comporta o clima e como é o sistema climático nas áreas urbanas. Para compreender o clima urbano, leituras em pesquisas sobre a mensuração da qualidade ambiental urbana. Por último foi realizado leituras em artigos, teses e dissertações sobre o tema estudado para fazer um levantamento de como estão sendo realizadas pesquisas com o mesmo tema em outros locais do Brasil e do mundo.

#### **3.1 ESCALAS EM CLIMATOLOGIA**

Segundo Sorre (1951), clima pode ser definido como o estudo da variabilidade do tempo em uma determinada região da superfície terrestre, baseando-se na sucessão dos diferentes tipos de tempo em um período mínimo de 30 anos. Enquanto o tempo é somente um estado momentâneo da atmosfera em um dado local, referindo-se ao agrupamento de alguns fenômenos físicos, tais como: temperatura, umidade e ventos. Deste modo pode-se dizer que o clima possui um caráter dinâmico

e que se fazem necessárias observações periódicas dos seus elementos com a finalidade de determinar se essa variabilidade é realmente permanente.

Um importante meio para compreender o funcionamento do clima é a utilização de escalas que servem de referência para o entendimento dos fenômenos climáticos em estudo de uma determinada região. Podem ser divididas em cinco níveis: Zonal, Regional, Mesoclima ou Clima Local, Topoclima e Microclima (RIBEIRO, 1993). Além disso, para Serafini Jr, et. al. (2012), as escalas possuem um importante papel, uma vez que elas priorizam um maior grau de detalhamento geográfico/climatológico, possibilitando um melhor conhecimento da dinâmica atmosférica predominante no local em análise.

Do ponto de vista de Ribeiro (op. cit), as escalas são retratadas em ordens de grandeza espaço-temporal podendo ser classificadas em:

1) Clima Zonal refere-se à circulação primária ou circulação geral da atmosfera com destaque à Zona de Convergência dos Alísios, aos cinturões hemisféricos de altas pressões nas latitudes médias, às zonas ciclônicas circumpolares, à Oscilação Sul associada ao El Niño e à circulação monçônica onde os fenômenos se apresentam com uma extensão na horizontal, entre 1000 e 5000 quilômetros e na vertical abarcam toda a atmosfera. Esta escala exige períodos mínimos de pelo menos 30 anos de observações, principalmente aquelas que dizem respeito aos parâmetros relacionados à circulação geral da atmosfera (pressão e ventos), às precipitações (chuva e neve) e à energia (radiação e temperatura);

2) Clima Regional esta escala encontra-se contida no clima zonal, porém sujeita as variações regionais. Sendo assim, essa escala é caracterizada pela ação modificadora da circulação geral da atmosfera provocada por um conjunto de fatores de superfície, como a distribuição entre as áreas continentais e oceânicas, forma dos continentes, correntes marítimas, rugosidade dos continentes (incluindo as altitudes relativas) e continentalidade/maritimidade;

3) Clima Local a definição de clima local baseia-se na ideia de que o clima regional apresenta em seu interior variações fisiográficas ou antrópicas que interferem no fluxo energético ou no transporte da circulação regional. Tais variações estão relacionadas de acordo com a configuração do terreno, o tipo de solo e sua cobertura vegetal, podendo ser consideradas como feições de localidade, sujeitas apenas a pequenas mudanças no tempo, estabelecendo o clima que predomina em determinado lugar. Quanto as suas extensões, a maioria dos estudiosos

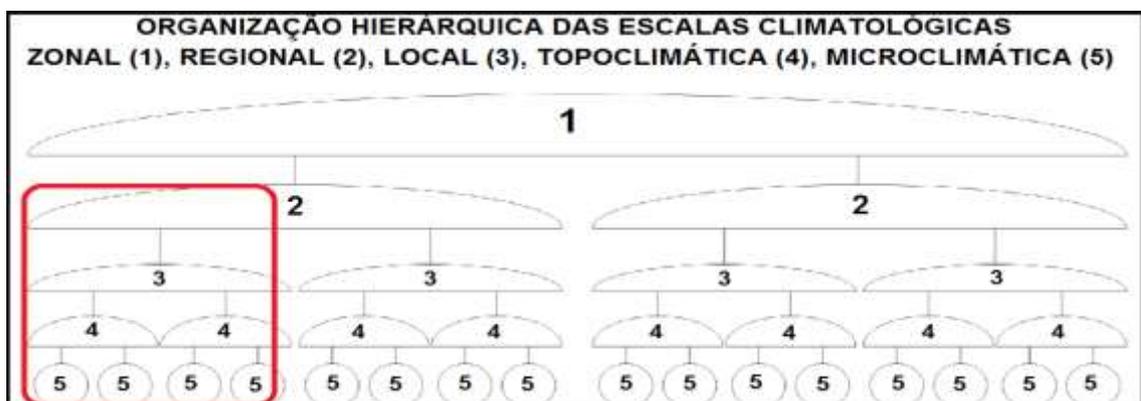
considerariam entre 15 e 150 quilômetros quadrados como uma escala espacial apropriada;

4) Topoclima corresponde a uma derivação do clima local devido a rugosidade do terreno tendo como consequência a energização diferenciada da área, para as diversas faces de exposição à radiação solar. Possuindo uma extensão horizontal restringida pela forma do relevo ou ao tamanho da vertente que lhe dá origem variando entre 0,5 e 5 quilômetros e interferindo na estrutura vertical da atmosfera em até 50 a 100 metros de altura. Exemplos deste tipo de clima, são aqueles presentes em um vale ou em uma montanha;

5) Microclima define-se através da magnitude das trocas gasosas e energéticas entre as feições ou estruturas particularizadas, (incluindo objetos, animais e plantas), dispostas na superfície da Terra e o ar que as envolve. Dentro destas estruturas podemos encontrar: a microrugosidade, a cor e a textura das superfícies, aliadas aos abrigos dispostos juntos ao solo, como as edificações e a vegetação que se constituem nos elementos que promovem a diferenciação na magnitude das trocas gasosas e energéticas que irão, por sua vez, modificar o comportamento do ar circundante. Na Figura 14 pode-se visualizar a organização hierárquica das escalas climatológicas e em vermelho pode-se descrever as escalas em estudos neste trabalho.

Para esta pesquisa utilizou-se a classificações das escalas climatológicas apontadas por Serafini et. al. (2012), sendo elas as escalas: zonal, regional, local, topoclima e microclima. Essas escalas estão em destaques no quadro em vermelho na figura 14.

Figura 14 - Organização hierárquica das escalas climatológicas

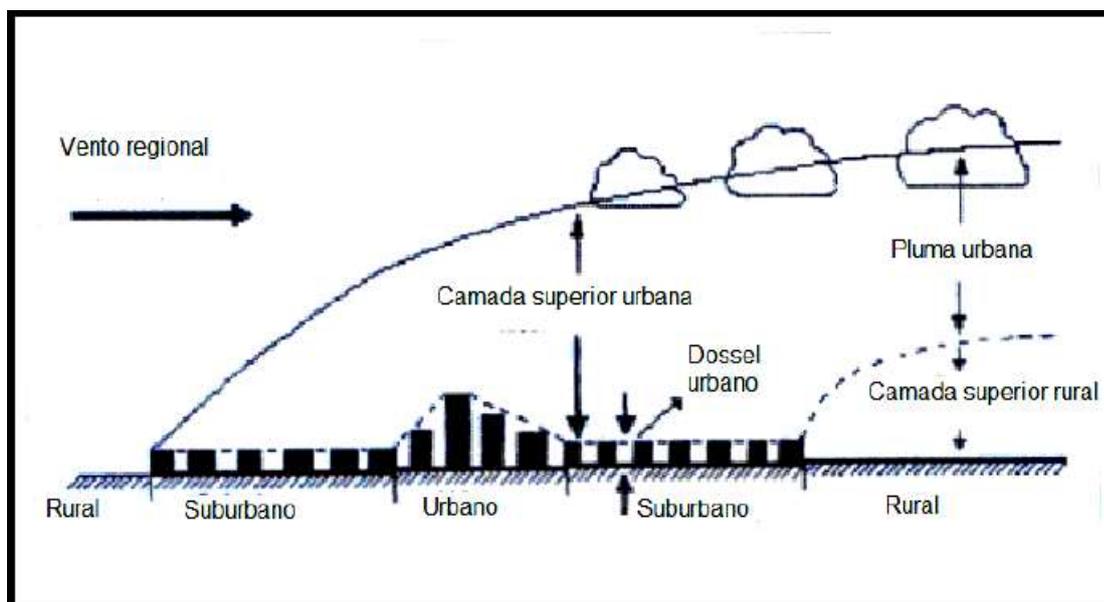


Fonte: SERAFINI JUNIOR, S.; GALVANI, E.; LIMA, N. G. B.; ALVES, R. R. (2012).  
Adaptação: Hoppe, I. L., (2017).

Lombardo (1985) afirma que o clima urbano retrata um mesoclima incluso no macroclima e que sofre influências microclimáticas ao se aproximar do solo, derivadas dos espaços urbanos. Da mesma forma em que se subdivide em microclimas (Figura 15), a área urbana deve ser observada como uma parte introduzida no espaço regional. De acordo com OKE (1980), o clima urbano está dividido em três frações sendo elas:

- 1) Camada Superior Urbana – a qual corresponde à camada limite urbana que engloba os acontecimentos climáticos urbanos até a altura em que as influências urbanas estão ausentes, compreendendo fenômenos de mesoescala;
- 2) Dossel Urbano - corresponde à camada de cobertura urbana em que abrange o espaço intra-urbano e é definida por processo de microescala;
- 3) Pluma Urbana – é camada de ar sobre o perímetro rural, resultado da área urbana.

Figura 15 - Representação da atmosfera urbana

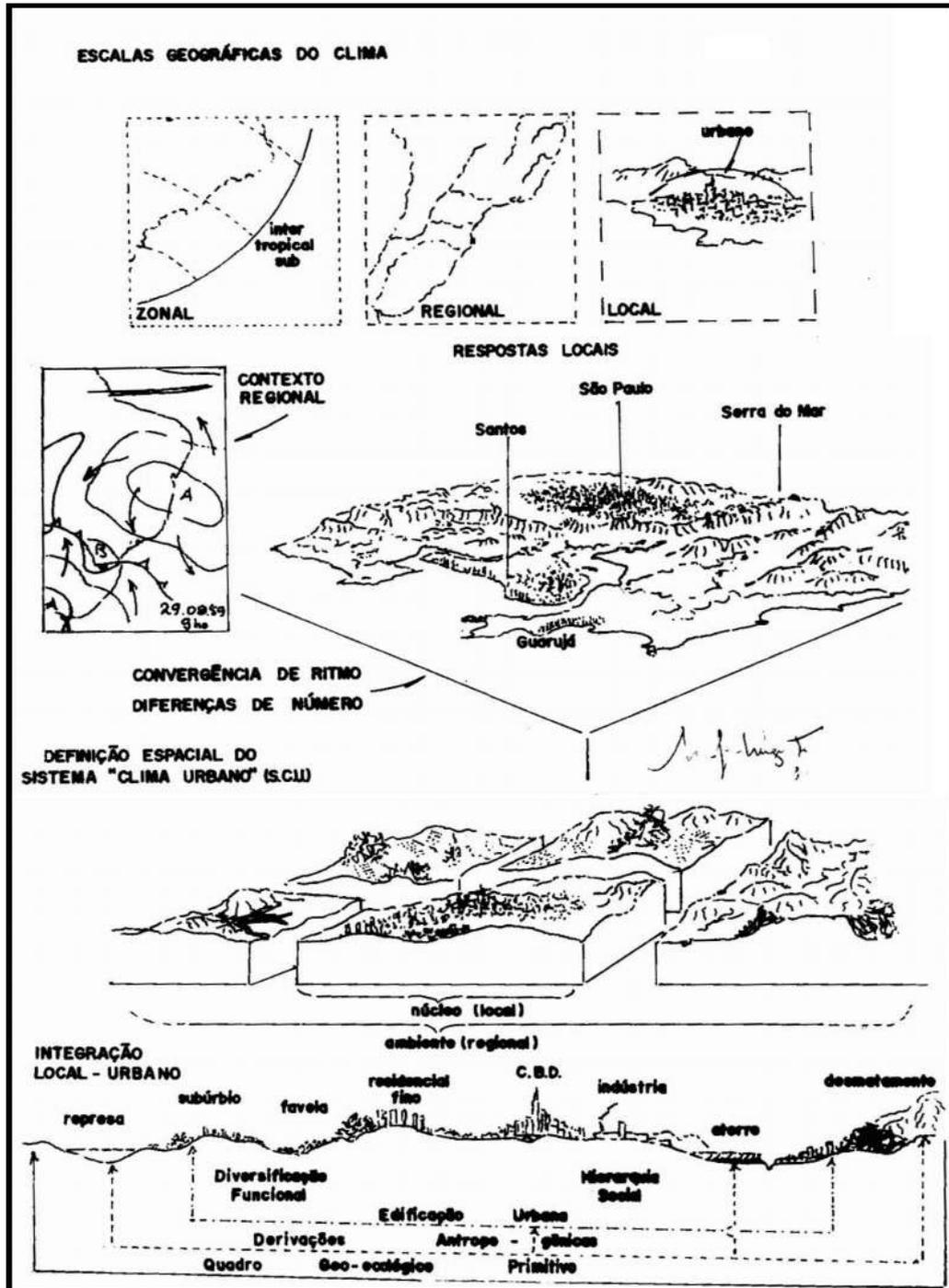


Fonte: Sellers, A.H. & Robinson, P.J. (1986).

A ação antrópica na “concepção” de climas locais julga-se a partir da capacidade na qual a sociedade possui em remodelar a cobertura do solo, substituindo a vegetação natural por atividades agrícolas e ou por edificações bem como alterações na composição da atmosfera, inserindo gases e matérias particulados contribuindo na retenção de umidade e calor sensível na atmosfera,

desta maneira, o clima local está profundamente ligado ao estudo o clima urbano. A partir desses níveis de interação. Monteiro estrutura as escalas de abordagem do clima em ordem decrescente segundo o tamanho da área de abrangência como mostra a Figura 16, elaborada por MONTEIRO (1990b).

Figura 16 - Escalas geográficas do clima



Fonte: Monteiro (1990b).

Na escala Zonal, o autor caracteriza a circulação geral da atmosfera com proeminência à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), aos cinturões hemisférios de altas pressões nas latitudes médias, às zonas ciclônicas circumpolares, à Oscilação Sul correlacionada ao El Niño e à circulação monçônica. Os fenômenos do clima nessa escala ocorrem em uma extensão horizontal que varia de 1000 a 5000 km e na vertical abarcam toda a atmosfera. O tempo de permanência de um estado climático a ser considerado nessa escala pode durar de uma semana a seis meses (sazonalidade astronômica).

Entretanto, para compreender o clima nesta escala é preciso registros obtidos a partir da normal climatológica, considerando um período mínimo de 30 anos de observações e a representação cartográfica deve ser feita em nível de atlas planisféricos sempre no sentido da clareza da circulação geral da atmosfera e os fenômenos associados.

Considerando o Sistema Clima Urbano (SCU), Monteiro (1976) define níveis taxonômicos da organização geográfica do clima, a fim de criar uma associação ao nível de organização das unidades espaciais. Assim, através do quadro apresentado (Figura16), pode-se estabelecer uma relação na definição dos espaços climáticos em suas diferentes escalas e o poder de criação/alteração do homem nos espaços climáticos.

Figura 17 - Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o “Clima Urbano” com destaque para categoria em estudo.

Ordens de grandeza (Cailleux & Tricart)	Unidades de superfície	Escala Cartográfica de Tratamento	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégias de abordagem		
					Meios de observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	(Milhões de Km)	1: 45.000.000 1: 10.000.000	Zonal	—	Satélites Nefanálises	Latitude / Centros de ação atmosférica	Caracterizaçã o geral comparativa
II	(Milhões de Km)	1: 5.000.000 1: 2.000.000	Regional	—	Cartas sinóticas Sondagens aerológicas	Sistemas meteorológicos (circulação secundária)	Redes Transectos
IV	(Centenas de Km)	1: 1.000.000 1: 500.000	Sub-regional (fácies)	Megalópole Grande área metropolitana	Rede meteorológica de superfície	Fatores geográficos	Mapeamento Sistemático
V	(Dezenas de metros)	1:250.000 1:100.000	Local	Área metropolitana Metrópole	Posto meteorológico / rede complementar	Integração geológica Ação antrópica	Análise Espacial
VI	(Centenas de metros)	1:50.000 1:25.000	Mesoclima	Cidade grande, bairro ou subúrbio de metrópole	Registros móveis / Episódios	Urbanismo	Especiais
—	(Dezenas de metros)	1:10.000 1:5.000	Topoclima	Pequena cidade/ fácies de bairro/subúrbio de cidade	(Detalhe)	Arquitetura	
—	Metros	1:2.000	Microclima	Grande edificação/ habitação/ setor de habitação	Bateria de instrumentos Especiais	Habitação	

Fonte: Monteiro (1976).  
Adaptação: Hoppe, I. L., (2017).

Além disso, de acordo com Monteiro (1993), o comportamento atmosférico agregado aos demais âmbitos e processos naturais, “compõe” espaços climáticos a partir das escalas superiores em direção as inferiores e a ação antrópica em redirecionar essa organização ocorre no sentido inverso, ou seja, das escalas inferiores para as superiores. Portanto a ação humana tem a capacidade de modificar o clima nas escalas inferiores: mesoclima, topoclima e microclima (Andrade, 2005).

De acordo com ANDRADE (op. cit.), os fenômenos urbanos, dentre eles o clima urbano, transcorrem nas escalas do micro ao meso, sendo as escalas micro, as proporções típicas da escala local. Segundo o autor, em relação à escala temporal, constata-se que os fenômenos urbanos têm duração de horas na escala meso. Mas entretanto, na escala micro ocorrem em minutos.

Portanto a percepção das escalas do clima pode auxiliar o pesquisador na calibragem de seus instrumentos de pesquisa em relação ao objetivo a ser alcançado. Para este estudo será considerada a escala topoclimática, em razão ao clima urbano seja designado como local, o tamanho do espaço urbano a ser estudado não atende às proporções propostas pela escala de mesoclima. Por isso, para a compreensão do sistema termodinâmico do clima urbano do Salto do Jacuí em nível de topoclima, primeiramente, deve-se estudar o que acontece climatologicamente em todas as outras escalas superiores.

### 3.2 CLIMA URBANO E SISTEMA DE CLIMA URBANO (SCU)

O clima urbano é causado pelas alterações provocadas pelo homem, considerando que o mesmo habita esse meio modificado. A população é quem sofre as influências das alterações climáticas na escala local, diante da comprovada alteração no clima local em função da urbanização.

Inúmeros estudos vêm sendo elaborados em diversas cidades do mundo, buscando maior entendimento do clima urbano. As péssimas qualidades do ambiente atmosférico nas cidades são relatadas, segundo Spirn (1995), desde o período romano, em que residências com cozinhas enfumaçadas, liberavam uma mistura de vapor e fuligem gerando desconforto e mal-estar.

Os primeiros estudos sobre o clima das cidades ou clima urbano sucederam em Londres, em 1661, onde se constatou que a poluição produzida pela queima de carvão provocava alterações na temperatura do ar da cidade. Segundo Spirn (op. Cit), desde 852 d.C., Londres já era conhecida pelo ar contaminado. Em 1787, também já se falava do odor da cidade de Munique e sobre as condições de poluição do ar e após a Revolução Industrial foram constatadas modificações do clima devido à urbanização e a maior concentração de poluentes.

No entanto a atmosfera urbana só foi mais detalhadamente estudada no século XX, especialmente por geógrafos e meteorologistas, em função da acelerada urbanização e aumento da industrialização ocorrida no mundo todo e, principalmente, após a 2ª Guerra Mundial. Consequentemente intensificaram-se e multiplicaram-se os estudos sobre clima urbano, primeiramente na Europa Ocidental e posteriormente na América do Norte, em especial sobre a perceptível contaminação da atmosfera das cidades (SAYDELLES, 2005).

No Brasil também despontaram alguns estudos nesta perspectiva após a década de 1970, quando a atenuação da qualidade ambiental das cidades já se percebia na qualidade de vida de seus habitantes. No entanto, somente a partir da década de setenta que as pesquisas voltadas ao clima urbano no Brasil registram os seus primeiros trabalhos, entre eles podendo destacar os pioneiros desenvolvidos sob o enfoque da climatologia geográfica: Lombardo (1985) em São Paulo (SP), Araújo; Sant'Anna (2002), em São Luiz – MA, Costa (2015), em Chapecó – SC, em nível do Brasil. Sartori (1979), em Santa Maria – RS, Rossato (2010), em Nova Palma – RS, Kegler (2016), em Agudo. Sendo estes últimos desenvolvidos no Rio Grande do sul.

Segundo Mendonça (2000), o clima urbano é derivado da modificação da paisagem natural e da sua substituição por um ambiente construído, cenário de intensas atividades humanas. Monteiro (1990) declara que o clima urbano nasceu da comparação com o contraste oferecido com o campo circundante evidenciando o caráter fundamental da cidade como espaço localizado de contínua, cumulativa e acentuada derivação antrópica do ambiente.

Essa proposta de estudo do clima urbano vem sendo utilizada de forma muito expressiva por inúmeros pesquisadores conforme relata Mendonça (2003) em trabalho feito sobre as pesquisas de clima urbano no Brasil revelando que dos três canais de percepção propostos por Monteiro (1976), sendo eles: Canal do conforto térmico que pertence ao subsistema termodinâmico, Canal da qualidade do ar, pertencente ao subsistema físico-químico. Canal de impacto meteórico que corresponde ao subsistema hidro-dinâmico.

O que possui maior relevância de estudo é o de conforto térmico pois é nele que se revelam as condições de ilha de calor e frescor que conforme a ocasião pode auxiliar ou prejudicar as condições de conforto térmico percebida pelo homem.

Assim Amorim (2002) afirma que neste contexto, o relevo, o uso e ocupação do solo e os condicionantes geoambientais e urbanos são fundamentais para caracterizar as diferenças existentes no interior da própria cidade e área rural circunvizinha com o objetivo de diagnosticar as alterações presentes na atmosfera urbana para contribuir como planejamento da cidade. Comprova-se mais uma vez a importância de ao se realizar estudos de clima urbano levar em importância em primeira ordem, os sistemas atmosféricos quando se trata de análises diárias, pois esses são determinantes na temperatura.

Além dos sistemas atmosféricos e tipos de tempo, que será mencionado

posteriormente, devem-se considerar os condicionantes geocológicos e geourbanos como é debatido por Nascimento e Sartori (2006) quando detectam a minimização do calor em sua área de estudo devido a presença da vegetação e a influência da geomorfologia, declividade, altitude e o uso do solo na definição do campo térmico. Esses fatores são da mesma forma encontrados na pesquisa de Caruano, Amorim (2006) que ao contrastar as temperaturas intraurbanas com temperaturas rurais, ambas obtidas por medidas móveis e utilizando o (SCU), encontram diferenças devido a resposta dos condicionantes geourbanos e geocológicos aos sistemas atmosféricos operantes durante as coletas.

A utilização do SCU é de extrema importância quando se trata de estudos de clima urbano, devido a dinâmica que o sistema apresenta que juntamente com seu grau de abrangência tornam essa metodologia a maneira mais completa de estudar o clima urbano tanto para sua definição como para planejamento dessas áreas pois a urbanização é um fenômeno irreversível, segundo Romero (2001). Sendo assim deve ser concebido para haver planejamento na tentativa de oferecer melhores condições de vida, principalmente às classes menos favorecidas que não possuem renda para adquirir um conforto térmico através da aquisição de instrumentos que proporcionem artificialmente ambientes confortáveis.

As diferenças entre as zonas urbanas a distribuição dos espaços intra-urbanos associados às condições específicas do relevo, a densidade de áreas verdes e corpos hídricos são fatores que influenciam diretamente no clima, portanto indiferente do porte da cidade, o processo de urbanização gera clima urbano (LIMA; AMORIM, 2008). Sette e Tarifa (2008) enfocam os modelos de construção associados as zonas urbanas, pois no nível local a baixa altitude (200 a 300 m) intensifica substancialmente o aquecimento do solo e da atmosfera enquanto a forma rebaixada do sítio urbano, diminui a intensidade dos ventos e aumenta a estabilidade atmosférica.

Spirn (1995), ressalta à medida em que as cidades aumentam de tamanho e densidade, as mudanças que produzem no ar, no solo, na água e na vida, em seu interior e em sua volta, ampliam os problemas ambientais que afetam o bem-estar de cada morador. Oke (1978) afirma que, comparando a paisagem circunvizinha, a cidade frequentemente provoca um enrugamento, aquecimento, e talvez ressecamento das condições de superfície.

De acordo com Geiger (1961) e Chorley; Barry (1972), o contraste térmico entre cidades e seu entorno rural se devem em virtude da maior produção direta de calor

por combustão. Os métodos utilizados antigamente pelos pesquisadores centravam-se na caracterização do clima urbano a partir de uma série de observações simultâneas no ambiente intra-urbano e no espaço rural circunvizinho. Este tipo de observação dificilmente conseguia suprimir a influência adicional da situação topográfica e da vegetação, mesmo quando era possível homogeneizar as séries de observação (Geiger op. Cit).

Neste sentido, Sakamoto (2001) afirma que as variações da temperatura junto à superfície estão relacionadas com as variações na disponibilidade de céu<sup>1</sup>, as quais podem determinar variações térmicas relevantes, intervindo principalmente na intensidade da ilha de calor.

Conforme Ayoade (1991, p 300) relata que:

A radiação em ondas longas e as de ondas curtas são reduzidas sobre as zonas urbanas. As temperaturas elevam-se, mesmo quando diminui a duração da insolação. A umidade é reduzida, mas há um certo aumento na precipitação e também na quantidade de nebulosidade. Os nevoeiros e neblinas são mais espessos, ocorrendo com maior frequência e persistência, prejudicando a visibilidade. A turbulência cresce. Os ventos fortes são desacelerados e os ventos fracos são acelerados à medida que se movimentam nas áreas urbanas.

Fialho (2012) relata que o termo ilha de calor se tornou um conceito que traz muitas incertezas pelo fato de não haver um critério claro e objetivo que o defina. O autor ainda dá o exemplo de se comparar dois locais com o mesmo uso da terra, mas em vertentes com maior e menor insolação, isso acarretaria uma diferenciação da temperatura do ar entre os locais, contudo isso não é suficiente para dizer que exista uma ilha de calor.

O autor (Fialho op. cit.) expõe que acredita que a melhor nomenclatura seria núcleo de calor, já que a orientação das vertentes é o fator responsável pela diferença que possa existir entre ambientes homogêneos. Fialho (2012) também ressalta que o conceito de ilha de calor está relacionado às atividades humanas sobre a superfície e sua repercussão na troposfera inferior, bem como, não está claro na literatura em que instante ou que diferença a temperatura do ar pode atestar a existência de ilha de calor.

Spirn (1995) afirma que na cidade, singularmente nas áreas centrais que apresentam edificações mais elevadas e maior adensamento das estruturas urbanas é mais quente e menos ventilado que nas zonas periféricas, que se dispõem

---

<sup>1</sup> Disponibilidade de céu seria a variabilidade do clima no local em estudo.

geralmente com maior existência de vegetação sem edificações muito altas e menor adensamento urbano e populacional. Em virtude disso há um aumento na temperatura do ar nas áreas centrais e como consequência um maior desconforto térmico nos meses de verão e de consumo de energia em virtude do uso diário do ar-condicionado.

Através da taxonomia apresentada por Oke (1976 e 1978), o clima urbano pode estar concebido dentro de duas frações de ocorrência: a da “*Urban Boundary Layer*” (Camada Limite Urbana). E a outra escala de ocorrência é denominada de “*Urban Canopy Layer*” (Camada de Cobertura Urbana ou “Dossel” urbano), situada abaixo da Camada Limite Urbana, no interior da cidade. As modificações climáticas produzidas pelas áreas urbanizadas variam de cidade para cidade, em função da intensidade do uso do solo, do tamanho e da densidade populacional e também das características geológicas estando sintetizadas na Figura 18.

Figura 18 - Mudanças climáticas produzidas pela cidade

	Elementos	Comparação com a Zona Rural
Poluíntes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partículas solidas</li> <li>• Bióxido de enxofre</li> <li>• Bióxido de carbono</li> <li>• Monóxido de carbono</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 vezes mais</li> <li>• 5 vezes mais</li> <li>• 10 vezes mais</li> <li>• 25 vezes mais</li> </ul>
Radiação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Total sobre a superfície horizontal</li> <li>• Ultravioleta, no inverno</li> <li>• Ultravioleta, no verão</li> <li>• Duração da radiação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 a 20% menos</li> <li>• 30% menos</li> <li>• 5 % menos</li> <li>• 5 a 15% menos</li> </ul>
Nebulosidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobertura de nuvens</li> <li>• Nevoeiro, no inverno</li> <li>• Nevoeiro, no verão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 a 10% a mais</li> <li>• 100% a mais</li> <li>• 30% a mais</li> </ul>
Precipitação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantidade total</li> <li>• Dias de chuva com 5 mm</li> <li>• Queda de neve</li> <li>• Dias com neve</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 a 10% a mais</li> <li>• 10% a mais</li> <li>• 5% menos</li> <li>• 14% menos</li> </ul>
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Média anual</li> <li>• Mínimas de inverno</li> <li>• Aquecimento de graus- ida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,5 a 1,0°C a mais</li> <li>• 1,0 a 2,0°C a mais</li> <li>• 10% menos</li> </ul>
Umidade Relativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Média anual</li> <li>• Inverno</li> <li>• Verão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6% menos</li> <li>• 2% menos</li> <li>• 8% menos</li> </ul>
Velocidade Do Vento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Média anual</li> <li>• Movimentos extremos</li> <li>• Calmarias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20 a 30% menos</li> <li>• 10 a 20% menos</li> <li>• 5 a 20% a mais</li> </ul>

Fonte: Landsberg (1970) In: Ayoade (1991).

Desta forma Ayoade (1991) afirma que o homem alterando o meio que vive pode também influenciar o clima através de suas várias atividades e ações, tais como a urbanização, a industrialização, derrubada de árvores (desmatamento), atividades agrícolas, drenagem e construção de lagos artificiais. O homem provoca alterações nos elementos climáticos, sendo que o maior impacto promovido pelo homem no clima ocorre nas áreas urbanas. Assim, estas áreas apresentam clima bastante distinto daqueles observados em áreas rurais próximas configurando por suas características próprias o clima urbano.

A diferença do clima entre as cidades e o campo já eram mostradas nos

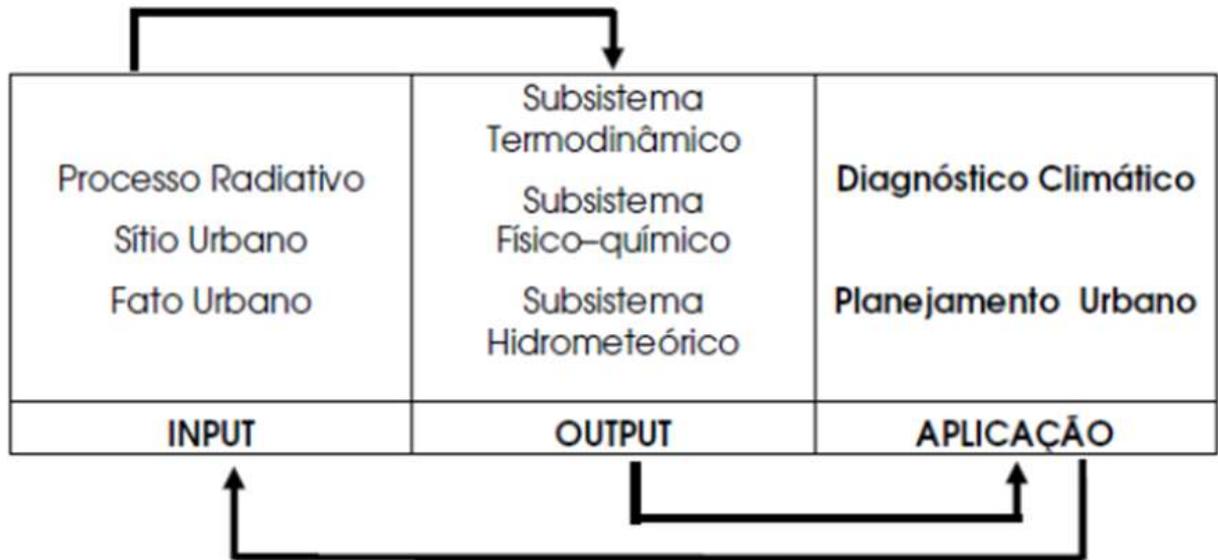
primeiros registros meteorológicos e então comentadas no pioneiro estudo do clima de uma cidade, feito por Howard (1833) em Londres. Este estudo passou a ser alusão e é tratado em diversas monografias que tratam do tema e expandiu-se a literatura incluindo estudos sobre a influência dos povoados e da indústria no clima.

Nesse sentido, Monteiro (1976) afirma que o sistema clima urbano visa compreender a composição climática peculiar da cidade e como tal, é centrado essencialmente na atmosfera que, assim é encarada como o operador. Toda a ação ecológica natural e as associações aos fenômenos de urbanização constituem o conjunto complexo sobre o qual o operador age. Por isso, tudo o que não é atmosférico e que efetiva no espaço urbano, incluindo o homem e demais seres vivos, constitui elementos do sistema, estruturando-se em partes que através de suas relações, definem os atributos especiais. Assim, esse conjunto complexo e estruturado constitui o operando do sistema.

Assim, dentro do vasto estudo do sistema clima urbano, a presente pesquisa será desenvolvida com foco centralizado no canal de percepção do conforto térmico, em seu subsistema termodinâmico, pois serão trabalhados dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, principais elementos que embasam o estudo desse subsistema e que de acordo com Monteiro (2003), constitui, seja na climatologia médica, seja na tecnologia habitacional, assunto de investigação de importância crescente.

Segundo Mendonça (1994) O Sistema Clima Urbano é uma proposição de abordagem geográfica do clima e da cidade, ou seja, envolve tanto os elementos de ordem meteorológica da atmosfera quanto os elementos da paisagem urbana em sua dinâmica. Na Figura 18, retirada de Monteiro (1976), tem-se uma simplificação do sistema clima urbano (SCU) com suas entradas (*input*), saídas (*output*) e aplicações visando o diagnóstico climático e o planejamento urbano.

Figura 19 - Sistema clima urbano: input, output e aplicação



Fonte: Monteiro (1976).

### 3.3 QUALIDADE AMBIENTAL URBANA

Desenvolver um trabalho de espacialização da qualidade ambiental é um grande desafio pois não existe uma receita técnica e nem um ponto de vista teórico-metodológico pronto como afirma Monteiro (1987). Conforme Sukopp; Werner (1991 apud NUCCI, 2008) a urbanização interfere diretamente na qualidade ambiental devido às alterações que provoca no ar, solo, água e nos organismos.

Entre as principais características que os autores (op. cit.) citam estão: as ecológicas da cidade sendo elas, a produção e o consumo de energia secundária são altos, grande importação e exportação de materiais, enorme quantidade de dejetos, elevação em vários metros da superfície do solo (verticalização), forte contaminação do ar, do solo e da água, diminuição das águas subterrâneas, destruição do solo, desenvolvimento de um clima tipicamente urbano, com maiores temperaturas e baixa umidade relativa (ilha de calor), espaço heterogêneo e em mosaico, desequilíbrio em favor dos organismos consumidores, baixa produtividade primária e débil atividade dos organismos detritívoros, mudanças fundamentais nas populações vegetais e animais.

Segundo Monteiro (1987), o aumento exercido pela concentração da população e das atividades produzidas pela urbanização e industrialização, concorrem para intensificar as modificações do meio ambiente com o comprometimento da qualidade de vida. De acordo com Nucci (1999), com a urbanização ocorre um crescimento da impermeabilização ocasionada pela ocupação do solo por concreto. Os espaços livres de vegetação e os corpos d'água não encontram lugar pela conquista do espaço ocasionada pela urbanização. A verticalização faz com que a superfície de concreto tenha uma alta capacidade térmica. Este procedimento todo leva a uma diminuição da evaporação, a um aumento da rugosidade e da capacidade térmica da área.

As características já citadas como a ecologia das cidades, atuam de forma direta para a redução da qualidade ambiental que poderá ser maior ou menor em função do tamanho, tipologia e funcionalidade da malha urbana. Verifica-se que o atual modelo urbano se encontra insustentável do ponto de vista dos recursos energéticos e ambientais. Por esse ângulo Assis (2010), destaca que os padrões das cidades formadas pelo Movimento Moderno não apresentam ser mais sustentável. De fato a cidade moderna, em consequência de seu modo de organização e acúmulo de atividades acarreta diversas mudanças significativas sobre suas esferas de suporte naturais, tais como o subsolo, solo e atmosfera.

A verticalização aumenta a superfície de absorção de calor e a superfície impermeabilizada faz com que as águas escoem mais rapidamente diminuindo a umidade do ar, evaporação e transpiração o que ocasiona o aumento do aquecimento, gerando problemas relacionados com a qualidade ambiental. Com a verticalização acarreta o surgimento do sombreamento, causando contrastes térmicos entre a parte sombreada e a ensolarada. A ocupação do espaço aéreo e o aumento do tráfego ocasionam um aumento de gases e poeiras na atmosfera, possibilitando um aumento da poluição.

Por consequência do aumento desorganizada da cidade ocorre o efeito estufa. Com a verticalização sucede um aumento da densidade populacional que leva a uma queda da qualidade ambiental. A aglomeração de pessoas confinadas em pequenos espaços faz com que passem por desconforto, riscos de doenças, problemas de alimentação, suprimento de água e dificuldade para arrumar espaço para depósito de seus resíduos. (DOUGLAS, 1983).

Para Nucci (1999) os níveis de qualidade ambiental e adensamento populacional são inversamente proporcionais, ou seja, quanto mais se verticaliza mais

a qualidade do ambiente diminui. Assim no planejamento ambiental deve preocupar-se com a diminuição do adensamento urbano (verticalização), evitando a ocupação de fundo de vales e criar um programa de arborização, controlando a disposição de resíduos sólidos para melhoria da qualidade ambiental.

Lima (2013) salienta que em relação a parte conceitual da qualidade ambiental, se refere ao padrão a ser estabelecido e/ou alcançado de satisfação ambiental. Considerada então como um coeficiente que pode indicar o grau do comprometimento ambiental, referindo-se à associação dos fatores ecológicos e socioeconômicos, assim essa “qualidade” significa “propriedade, ou condição das coisas ou das pessoas”

Já para Perloff (1973), compreender o conceito de qualidade ambiental urbana é entender o meio ambiente urbano enquanto sistema aberto. Neste sentido a cidade é um sistema único, complexo e interativo onde a sociedade e a natureza interagem na formação de derivações ambientais que podem acarretar em uma melhora ou piora da qualidade do ambiente. Diante das alterações ambientais promovidas pela urbanização, mostra-se a necessidade de aderir a políticas públicas de planejamento ambiental que garantam a sustentabilidade e diminuam os impactos contrários do mau uso do solo urbano.

De acordo com Lima (op. cit.), a observação da qualidade ambiental manifesta da necessidade de aprimorar as condições ambientais e de vida nos centros urbanos que em muitas ocasiões, tem uma relação direta com um adequado planejamento e indiretamente com questões sociais, econômicas e culturais.

Lima; Amorim (2006) observam com mais enfoque os problemas relacionados ao meio ambiente nas cidades, conseqüentemente, os estudos associados com a qualidade do ambiente urbano são capazes de contribuir para aperfeiçoar o planejamento a partir da geração de políticas eficazes para tornar o uso e a ocupação do solo dos centros urbanos menos impactantes ao meio ambiente e melhorar a qualidade de vida da população que depende de um ambiente ecologicamente equilibrado.

Para Morato (2008), a qualidade do ambiente urbano vem se transformando em um dos aspectos mais significativos para a definição da qualidade de vida da população. No aspecto social, o acréscimo da conscientização de que problemas ambientais podem afetar a saúde da população associado ao crescimento da

urbanização, cria a necessidade de uma nova avaliação da qualidade ambiental das áreas urbanas.

Nucci (1999) destaca que o estudo da qualidade ambiental não possui uma metodologia específica a ser utilizada, mas pode ocorrer adaptações a cada realidade urbana. Inserido na metodologia do Planejamento da Paisagem o principal método é a espacialização das características ambientais para seguinte análise sistêmica.

O cuidado, portanto, é agrupar o maior número de dados mapeáveis da zona de estudo para depois fazer o cruzamento e criação de um diagnóstico ambiental especializado. De um modo geral, os fatores ambientais são parâmetros que podem ter a capacidade de relatar um estado ou situação dos fenômenos que ocorrem no ambiente (LIMA, 2013). Em relação a proposta de Nucci (1996) o mapeamento dos atributos negativos que vem atrapalhar a qualidade do ambiente urbano são: uso do solo, poluição, espaços livres, verticalidade das edificações, pontos de enchentes, densidade populacional e cobertura vegetal.

Lima (2012) ressalta que a metodologia de Nucci (1996) possui como principal atribuição a representação de atributos ambientais negativos para sua subsequente análise integrada, com base no cruzamento destes para chegar a um resumo, ou seja, a carta de qualidade ambiental por meio de álgebra de mapas. Estas cartas quando sobrepostas, concedem à geração de mapas sínteses com as informações espacializadas da qualidade ambiental da área estudada. A sobreposição é realizada através de *software* de geoprocessamento tais como *ArcGis*, entre outros.

Nucci (1998) enfoca que o levantamento de como a cidade utiliza seu solo é de importante grandeza pois está diretamente relacionado com as características físicas que a cidade possui. Sendo assim, uma carta de uso do solo torna-se um importante instrumento para se fazerem deduções, a utilização de tais cartas possui um importante, às vezes são as únicas ferramentas para o estudo da área e delimitação de unidades de paisagem. Através dela pode-se fazer conclusões, já que uma boa parte da qualidade ambiental está relacionada com o tipo de utilização do solo.

O atributo negativo poluição podendo ser tanto sonora ou do ar, contribuem diretamente para reduzir a qualidade de vida das cidades. Com o aumento de veículos em circulação além de piorar o trânsito, fazem com que a quantidade de poluentes na atmosfera também aumente, conseqüentemente essas zonas sofrem com a poluição atmosférica e sonora proveniente desses veículos, entre outros. (NUCCI, 2008).

Nucci (op. cit.) destaca que a densidade populacional é um atributo negativo que pode alterar ou diminuir a qualidade ambiental de um determinado local. Sendo diretamente relacionada com desconforto, riscos de doenças, deficiência no abastecimento em geral, problemas na eliminação e deposição de lixo, mal-estar, ruídos, poluição, congestionamento nas ruas, escassez de espaços livres para o lazer. A alta densidade está relacionada com as condições econômicas da população, falta ou inadequado planejamento e infraestrutura urbana (LIMA, 2012).

Com a verticalização das edificações ocorre também um aumento da densidade populacional que leva a uma diminuição da qualidade ambiental. Os impactos no ambiente gerados pela verticalização são de fácil identificação como: impermeabilização total do solo, aumento da densidade demográfica, diminuição do espaço livre, diminuição da insolação e aumento do volume construído, podendo alterar a dinâmica dos ventos e acarretando na formação de microclimas alterando o conforto térmico da população. Em consequência desses primeiros impactos aparecem uma sobrecarga da rede viária, de esgoto, de água, de eletricidade, coleta e deposição de lixo, etc. (NUCCI, 2008).

Lima (2012) destaca que o atributo negativo referente aos desertos florísticos relacionado à falta de vegetação em espaços urbanos têm uma grande importância para o ambiente e para a qualidade de vida da população através do conforto térmico e aumento das áreas permeáveis entre outros fatores. A presença da vegetação, além de auxiliar para a melhoria da paisagem ameniza o clima urbano, ajudando a qualidade ambiental urbana. Além disto, cumprindo funções estética, visual, ecológica e de lazer muito importantes para a vida social da cidade (MINAKI; AMORIM, 2012).

Nucci (2008) conclui que em lugares com baixa quantidade de vegetação inferior a 5% ou sua ausência, a qualidade ambiental é bem inferior da desejável. Entretanto não se pode concluir que em áreas com mais de 5% de cobertura vegetal, a qualidade ambiental é aceitável. Oke (1973), considera um índice de cobertura vegetal na faixa de 30% como sendo o recomendável para proporcionar um adequado equilíbrio térmico em áreas urbanas.

A presença de espaços livres públicos, além de contribuir para a melhoria da paisagem pode amenizar o clima urbano favorecendo a qualidade ambiental urbana (MINAKI; AMORIM, op. cit.).

A relação do atributo negativo enchentes ou áreas sujeitas aos alagamentos estão relacionadas com a impermeabilização que causa uma diminuição da infiltração

da água no solo e um aumento do escoamento superficial. Associado à canalização de córregos, no qual faz com que a água da chuva que cai na cidade flua com maior rapidez para os principais córregos da cidade que não conseguem dar vazão ao grande volume de água. A capacidade de vazão do rio é também diminuída pelo assoreamento ocasionado pelo constante remanejamento de terras devido ao crescimento desenfreado da cidade (NUCCI, 2008).

### 3.4 RESERVATÓRIOS ARTIFICIAIS E SUAS POSSÍVEIS INFLUÊNCIAS NO CLIMA E CONSIDERAÇÕES EM MICROCLIMATOLOGIA

Os reservatórios artificiais também conhecidos por barragens, são construídos em cursos hídricos e destinados a retenção de grandes quantidades de água. Essas construções são voltadas ao abastecimento da população, irrigação e também usada para geração de energia como no caso das hidrelétricas (REPRESAS-USP, 2015). No Brasil, as usinas hidrelétricas encontram-se distribuídas por todo o território, apresentando suas particularidades e funcionalidades em cada localidade. São encontradas oito usinas na Região Norte, quatro usinas na Região Nordeste, um total de três usinas no Centro-Oeste, cento e três na Região Sudeste e cinquenta e quatro usinas presentes dentro da Região Sul (BRASIL BRASILEIRO, 2017).

O represamento de água exige a necessidade de grandes obras, tendo como consequência uma grande modificação do espaço físico da área e por isto surge a questão de como estes eventos afetam o ambiente e o clima deste local. Dessa forma, nos últimos anos alguns pesquisadores preocuparam-se em analisar localidades onde foram criados lagos artificiais e o modo como esse reservatório pode influenciar o clima local e suas regiões vizinhas (COELHO, 2008).

Os estudos foram baseados na amostra de dados coletados no campo em questão, através de observações e utilização de aparelhos meteorológicos que verificaram a temperatura, umidade relativa do ar, correntes de ar e também o volume de precipitação. No entanto para Dias et. al. (1999), a análise dos resultados obtidos torna-se difícil de avaliar, uma vez que as informações de como o lugar era anteriormente à construção são difíceis de encontrar, e assim a comparação “antes” e “depois” acaba ocorrendo por meio de informações relatadas e não examinadas previamente.

Com relação aos principais estudos realizados em áreas onde se encontram

reservatórios destinados a hidrelétricas, pode-se usar como referência os trabalhos de Grimm (1988), realizada na Usina Hidrelétrica de Itaipu que por meio de testes estatísticos avaliou um conjunto de elementos climáticos do local, analisando os períodos anteriores e posteriores a construção da barragem a fim de verificar a possibilidade de mudança desses elementos em decorrência da formação da lâmina d'água. Segundo o autor Grimm (1988), nos demais meses não houve alterações significativas com exceção de agosto, cujos dados mostraram um aumento da temperatura mínima e diminuição da temperatura máxima. Com relação a insolação da área, esta não sofreu mudanças, porém, percebeu-se um aumento da evaporação, mas não foram observadas grandes alterações referentes à precipitação total e máxima mensal.

Na avaliação de Campos (1990), na área do semiárido nordestino onde a pesquisa foi realizada na represa pertencente a Usina Hidrelétrica de Sobradinho ocorreram alterações climáticas. Através de estudos sobre o clima local, apoiando-se na variabilidade espacial-temporal da precipitação dos períodos anteriores e posteriores a construção da barragem e sua possível modificação na zona do reservatório, verificou-se que a Usina Hidrelétrica de Sobradinho induziu o aumento médio de 13% da pluviosidade nas regiões ao entorno e cidades próximas à represa e um aumento de 16% no trimestre mais chuvoso.

Guidon (1991), realizou estudos fundamentados nas variações climáticas ocorridas na área que compreende a Usina Hidrelétrica de Tucuruí, (localizada no estado do Pará), sendo elas: a precipitação, a umidade relativa do ar, a temperatura do ar e destaque às variações decorrentes da direção e velocidade dos ventos. O resultado dessas análises confirmou que a presença de um grande lago artificial pode alterar a circulação do ar e o clima nas proximidades da represa em condições de clima equatorial.

Stivari (1999) confirma os dados coletados por Grimm durante seu estudo na Usina Hidrelétrica de Itaipu onde também afirma que as temperaturas máximas diminuem e a temperatura mínima aumenta sofrendo influência do lago, variando de 3°C no verão e 2°C no inverno, especialmente em agosto. Por outro lado, Sanches; Fisch (2005), após analisar a mesma área concluiu que o clima não sofreu alterações e que o total de dias com precipitação leve aumentou devido a elevada evaporação do reservatório.

Rodrigues; Canônica (2006) investigaram as possíveis modificações no

entorno da Usina Hidrelétrica de Itá, localizada na divisa entre Santa Catarina e Rio Grande do Sul onde concluiu-se a não alteração no clima local, devido a presença do reservatório. No entanto como já demonstrado em outras pesquisas meteorológicas em reservatórios, somente verificou-se o aumento da temperatura mínima e uma leve diminuição na temperatura máxima com relação a outros pontos sem a influência do lago. Para Biavati et. al. (2015), o clima ao entorno da Usina Hidrelétrica de Itá não sofreu interferência por parte da represa com relação ao índice de precipitação mantendo-se equilibrado ao longo dos meses de estudo.

Dentro do estudo de Souza (2010), localizado na área onde encontra-se a Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta (Porto Primavera), situada na divisa entre o estado de São Paulo e Mato Grosso do Sul, realizou-se procedimentos nas zonas de influência do lago. Com a ajuda de aparelhos meteorológicos dividiu o local em pontos, recolhendo dados de cada um para análise. Depois da avaliação dos elementos climáticos da localidade pôde-se concluir que as amplitudes higrométricas são menores nas áreas ao entorno do lago, enquanto as da zona intra-urbana são maiores durante o período noturno e menores durante o dia. Desse modo o resultado obtido aponta que o reservatório não interfere no clima da área, mas serve como um regulador do equilíbrio térmico e higrométrico fazendo com que a umidade relativa do ar se mantenha equilibrada.

Em sua análise, localizada no estado do Ceará, Silva Filho; Rabelo (2012), utilizou-se de métodos avaliativos com base nas informações do período pré e pós-enchimento com resultados preliminares, após a inclusão do lago Castanhão. Dessa maneira, pode-se determinar um aumento na precipitação ocorrida na região e após a introdução do lago.

Ferrazo et. al. (2015), avaliaram o entorno da Usina Hidrelétrica de Passo Fundo - RS e a partir da análise de dados (métodos estatísticos envolvendo: média, mínima, desvio padrão e coeficiente de variação), com estudos voltados ao período pré e pós enchimento do lago artificial, obtiveram resultados em que a variabilidade dos totais de precipitação mensal não se modificaram com a presença do reservatório.

Dentre os estudos realizados pelos pesquisadores, os dados demonstraram que poucos fatores são variante e que em geral a temperatura e a umidade relativa do ar não se alteram. Porém em alguns casos o total de precipitação após a introdução dos reservatórios artificiais pode aumentar, especialmente na região Nordeste. No entanto quando se trata da Região Sul pode-se dizer com base nos resultados obtidos

pelas investigações realizadas nas represas referentes à Usina Hidrelétrica de Itá (Rodrigues e Canônica; e Biavati, 2006), Usina Hidrelétrica de Itaipu (Grimm; Dias et. al.; e Stivari 1999) e Usina Hidrelétrica de Passo Fundo (Ferrazo et. al. 2015), que a principal alteração proveniente do enchimento destes reservatórios artificiais é a diminuição das temperaturas máximas e aumento das temperaturas mínimas e em alguns casos o aumento da evaporação. Porém não há modificação/alteração do clima local em seu entorno e nem dos totais de precipitação devido à presença do lago.

No entanto pelas pesquisas efetuadas em outros trabalhos realizados pelo Brasil, tanto os que estudaram as alterações climáticas em represas hidrelétricas como também os que estudaram o clima urbano utilizando pontos ou transectos móveis. Em nem um dos trabalhos citados um transecto passou por cima de um lago artificial.

Geiger (1961), indica como causas para o microclima, as características específicas do clima urbano situando-se nas alterações do balanço térmico e hídrico. Causadas em primeiro momento são pela substituição do solo natural pelo concreto, este não permitindo a infiltração da água no solo, fazendo com que escoam rapidamente e pelos edifícios que vão sendo introduzidos nas cidades ocasionando o aumento da rugosidade da superfície.

Se o limite inferior da atmosfera não for uma camada de solo e sim um corpo de água, o seu comportamento será determinado pelas características do meio implícito. A água exerce uma transmissão de calor por convecção que não se verifica no solo.

O comportamento da água e do solo relacionados a radiação em onda curta são basicamente diferentes. A água demora mais para esquentar em relação ao solo e o resfriamento da água é mais lento do que a solo. A evaporação relacionada ao solo pode ser inferior à evaporação potencial determinada pela temperatura da superfície evaporante e pelo estado do ar superior por falta de alimentação hídrica.

Da mesma forma a rugosidade muito menor das superfícies aquáticas conduz a um campo de vento completamente diferentes sobre a água em comparação com o da camada de ar sobre o solo e conseqüentemente também a outros valores de difusão.

### 3.5 CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA E O CLIMA DO RIO GRANDE DO SUL E SEUS TIPOS DE TEMPO

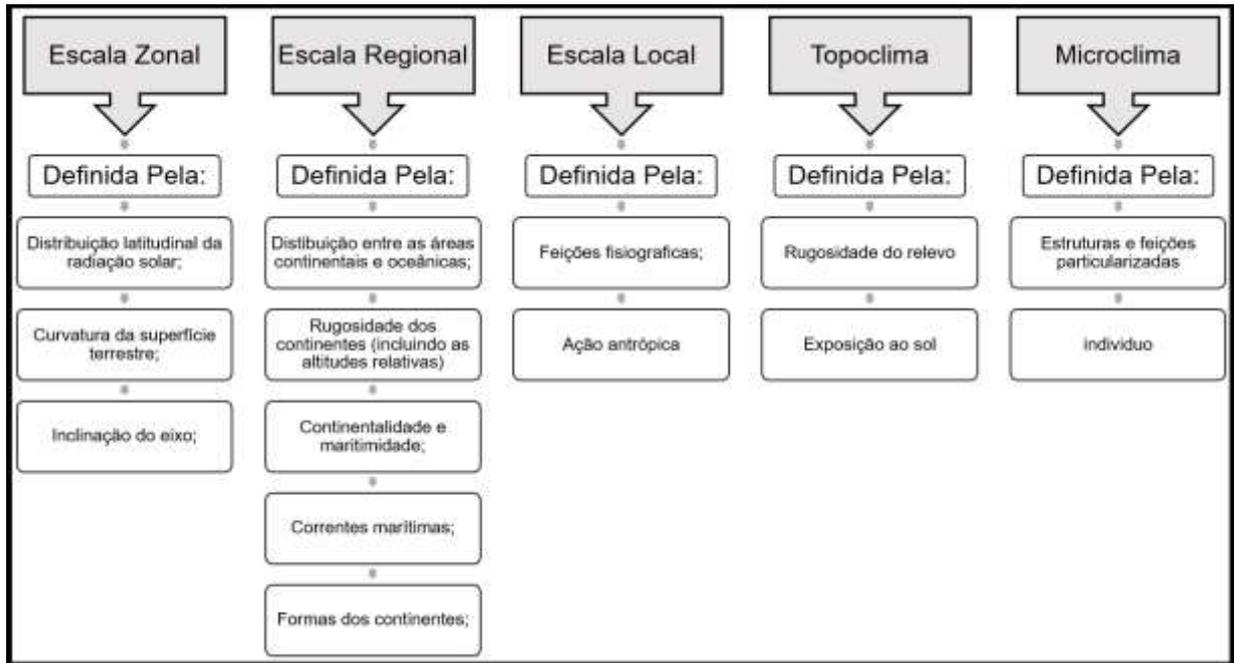
Conforme Ayoade (1991), a circulação atmosférica pode ser classificada em três escalas abrangentes que variam de ordem decrescente quanto à escala área e tempo.

A primeira escala refere-se à circulação primária ou Zonal sendo responsável pela definição dos ventos e pressão em larga escala que mantém ao longo do ano, definindo os tipos de climas do mundo. Incorporado dentro da circulação Zonal estão os sistemas circulatórios secundários tais como: os centros de ação positivos ou anticiclônicos e os centros de ação negativos, bem como as correntes perturbadas ou grandes descontinuidades que atravessam toda a região. Os sistemas de circulação terciária ou local inseridos no âmbito da circulação regional, são respostas dos sistemas locais aos sistemas mencionados.

Nesse contexto, a Figura 19 esclarece em forma de esquema, para melhor percepção do estudo do clima urbano, mesmo sendo uma escala intermediária no estudo da Climatologia Geográfica, a importância de se conhecer e estudar a dinâmica atmosférica nas escalas superiores e inferiores a esta. Nos próximos subcapítulos serão retratados e especificados escala zonal, regional e local.

Conforme Vianello & Alves (1991), qualquer tentativa de entendimento da dinâmica atmosférica sobre uma área deve iniciar-se com uma visão mais global na qual a localidade de interesse esteja inserida.

Figura 20 - As escalas climáticas, sua organização e ordem de influência



Fonte: Ribeiro, 1993.  
Adaptação: Hoppe, I. L., (2017).

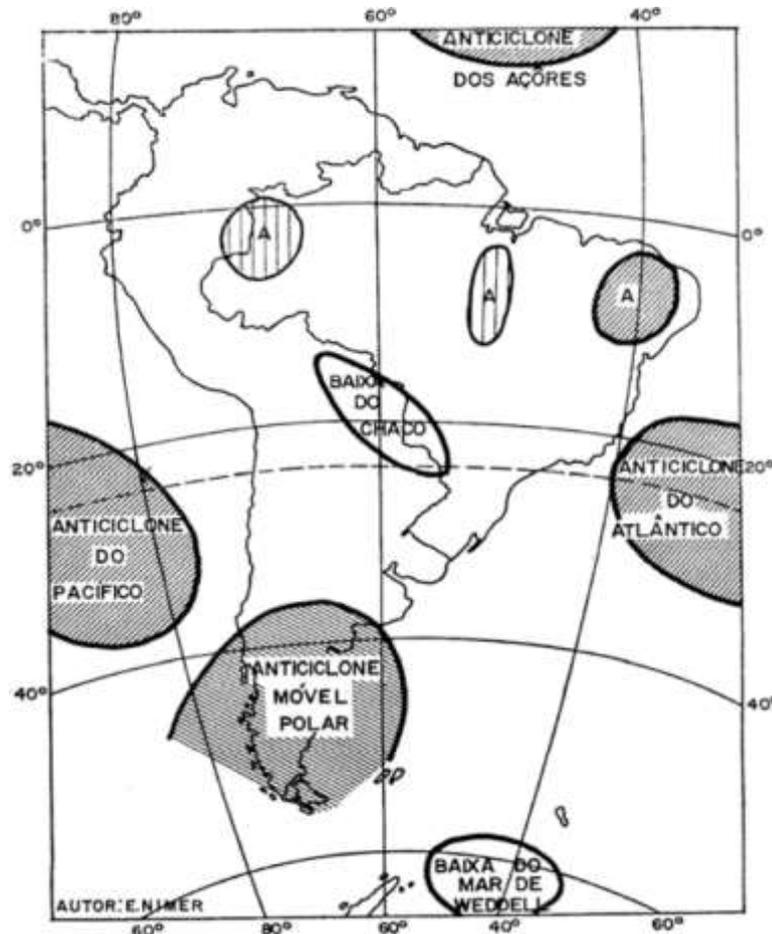
De acordo com os critérios apontados como os principais controles da dinâmica atmosférica geral, para a circulação atmosférica em escala zonal referindo-se a da América do Sul dispõe de grandes sistemas de pressão ou centros de ação que controlam e determinam os climas zonais.

Nesta perspectiva, o entendimento da dinâmica e circulação atmosférica do continente sul-americano é imprescindível para posterior compreensão e enquadramento do cenário climático da Região Sul do Brasil pois dos setes centros de ação que definem e controlam a movimentação das massas de ar e das correntes perturbadas na América do Sul, representada pela figura 21, três deles têm influência e ação direta sobre a Região Sul: Anticiclone Migratório Polar, Anticiclone Semifixo do Atlântico e a Baixa do Chaco.

O continente sul americano apresenta centros de baixa pressão. O primeiro é a Baixa do Chaco localizada sobre a região do Chaco que apresenta certa mobilidade não possuindo localização precisa, mas frequentemente é localizada nos limites de Brasil e Bolívia, mudando sua posição em atribuição a época do ano. Outro centro negativo de pressão é a Baixa do Mar de Weddel, célula austral das baixas dinâmicas da faixa subpolar é oriunda, segundo Monteiro (1963) e Nimer (1989), da ondulação da Frente Polar Atlântica (FPA) formando profundos ciclones. Os autores ainda

ratificam que esta Baixa é responsável pela atração dos sistemas intertropicais em direção ao pólo, proporcionando tempo bom e forte aquecimento Pré-frontal.

Figura 21 - Circulação atmosférica na América do Sul: Centros de Ação



Fonte: Nimer (1989).

Os Anticiclones Permanentes e Semifixos Oceânicos (Anticiclone do Atlântico e Anticiclone do Pacífico) são centros de ação de origem dinâmica inseridos na zona de altas pressões subtropicais do hemisfério sul (MONTEIRO, op. cit.; NIMER, op. cit.).

No entanto esses centros de ações positivos apesar de serem permanentes com atuação o ano inteiro, oscilam quanto à pressão e posição latitudinal, em decorrência das variações de temperatura sazonal. A atuação destes dois centros de ação são de extrema importância na configuração climática da América do Sul, pois são os formadores das principais massas de ar tropicais marítimas. O Anticiclone Semifixo do Atlântico possui destacada atuação durante o ano inteiro nas regiões tropicais e do Brasil Meridional, com exceção do Centro-Oeste e da Amazônia.

O Anticiclone Tropical do Atlântico (ATA) consegue avançar sobre o continente com mais facilidade do que o Anticiclone Tropical do Pacífico (ATP), em função do baixo relevo do litoral que se localiza na rota de deslocamento do Anticiclone Atlântico (AA) não conseguindo impedir seu deslocamento no interior do continente. Já o Anticiclone Polar (AP) encontra em seu caminho a Cordilheira dos Andes que dificulta a sua passagem sobre o continente minimizando sua atuação que irá acontecer somente indiretamente quando este conseguir transpor a cordilheira.

O outro centro de ação positivo de notável deslocamento e intensa participação na formação dos tipos de tempo do continente sul-americano, o Anticiclone Migratório Polar Marítimo. Tem sua origem na superfície gelada do continente Antártico e das banquisas fixas da região polar austral. De origem térmica e dinâmica, devido à subsidência do ar e a forte inversão de temperatura, possui ar pouco úmido, frio e estável. Atraído pelo gradiente térmico para o Equador, à medida que avança absorve calor e umidade da superfície mais aquecida do mar, a ponto que em latitudes médias a inversão térmica desaparece e o ar torna-se instável (MONTEIRO, 1963; NIMER, 1989). Este anticiclone, por sua constante e periódica migração para o continente, torna-se o principal responsável pela formação dos tipos de tempo da Região Sul, sobretudo no Rio Grande do Sul, em virtude da atuação das Massas Polares e da ação das Frentes Frias.

Conforme o que foi apresentado na circulação atmosférica da América do Sul, a Região Sul do Brasil sofre influência direta ou indireta da maioria dos centros de ação. Neste sentido, referindo-se ao quadro climático do Brasil Meridional onde possui vários estudos realizados, entre eles alguns merecem destaque, sendo os de Monteiro (1963, 1976), Nimer (1977, 1989), Sartori (1979, 1993), que concederam um melhor conhecimento e compreensão da dinâmica e circulação dos mecanismos atmosféricos de atuação regional. Também, demonstraram que a Região Sul possui pela sua notável homogeneidade e ritmo dos sistemas atmosféricos, uma caracterização que lhe individualiza em relação às demais regiões brasileiras, tanto no que se refere aos índices pluviométricos e umidade, como também ao ritmo sazonal de seu regime.

Quanto a dinâmica atmosférica como já salientado anteriormente, dos setes centros de ação formadores dos sistemas atmosféricos da América Latina, apenas três deles têm atuação direta que ao interagirem com os demais fatores geográficos definem o quadro climático de toda a região. São eles: o Anticiclone Migratório Polar (que origina as Massas Polares Atlântica (mPa) e Pacífica (mPp)), o Anticiclone Semi-

fixo do Atlântico Sul (que dá origem a Massa Tropical Atlântica (mTa) e a Baixa do Chaco (que origina a Massa Tropical Continental – mTc), além das correntes perturbadas de Sul (Frente Polar Atlântica) e de Oeste.

Segundo Monteiro (1976), as Massas Polares originárias do Anticiclone Migratório Polar possuem importante participação na configuração e domínio do ambiente climático regional. São resultados do acúmulo de ar polar nas baixas pressões polares cujo fluxo de ventos divergente se desloca em direção às Altas Subtropicais. No entanto em virtude da presença da Cordilheira dos Andes, o Anticiclone Migratório Polar em seu avanço geralmente sofre bifurcação originando duas massas polares, uma de trajetória a leste dos Andes, a Massa Polar Atlântica (mPa) e a outra a oeste, a Massa Polar Pacífica (mPp) que ao conseguir transpor a Cordilheira em sua parte mais meridional, reforça a mPa, a qual torna-se mais potente em seu avanço para o norte.

Quando isso acontece é responsável pelo fenômeno da Friagem no Centro-Oeste e Norte do país e também pela intensificação do vento minuano no Rio Grande do Sul, de temperatura e umidades muito baixas (MONTEIRO, 1963; NIMER, 1989 e Sartori, 1993). A Massa Polar Atlântica (mPa) participa intensamente no quadro climático da Região Sul durante o ano inteiro, embora sua atuação e domínio dos tipos de tempo sejam mais acentuados no inverno em função das baixas temperaturas no hemisfério austral.

Outra importante massa de ar de forte atuação na configuração climática da Região Sul é a Massa Tropical Atlântica (mTa) que interfere direta ou indiretamente na circulação atmosférica do Sul do Brasil durante o ano inteiro. Estando ligado originariamente ao AA, recebendo, desta forma, muito calor e umidade em sua superfície de contato com o oceano pois está sobre o Oceano Atlântico. Esta massa de ar ocorre durante todo o ano seus efeitos sobre a região variam de acordo com a sazonalidade ao longo do ano. Neste sentido, Monteiro (1963) afirma que, no verão a Massa torna-se inferiormente instável pelo aquecimento basal que sofre ao contato com o continente que é agravado, de início, pelas chuvas de relevo do sistema atlântico. Durante o inverno o resfriamento basal aumenta a estabilidade superior contribuindo mais para a ocorrência de tempo bom.

A Massa Tropical Continental (mTc) que se origina na Baixa do Chaco influencia a circulação atmosférica da Região quando, segundo Nimer (1977), sua participação na Região Sul do Brasil está restrita do fim da primavera ao início do

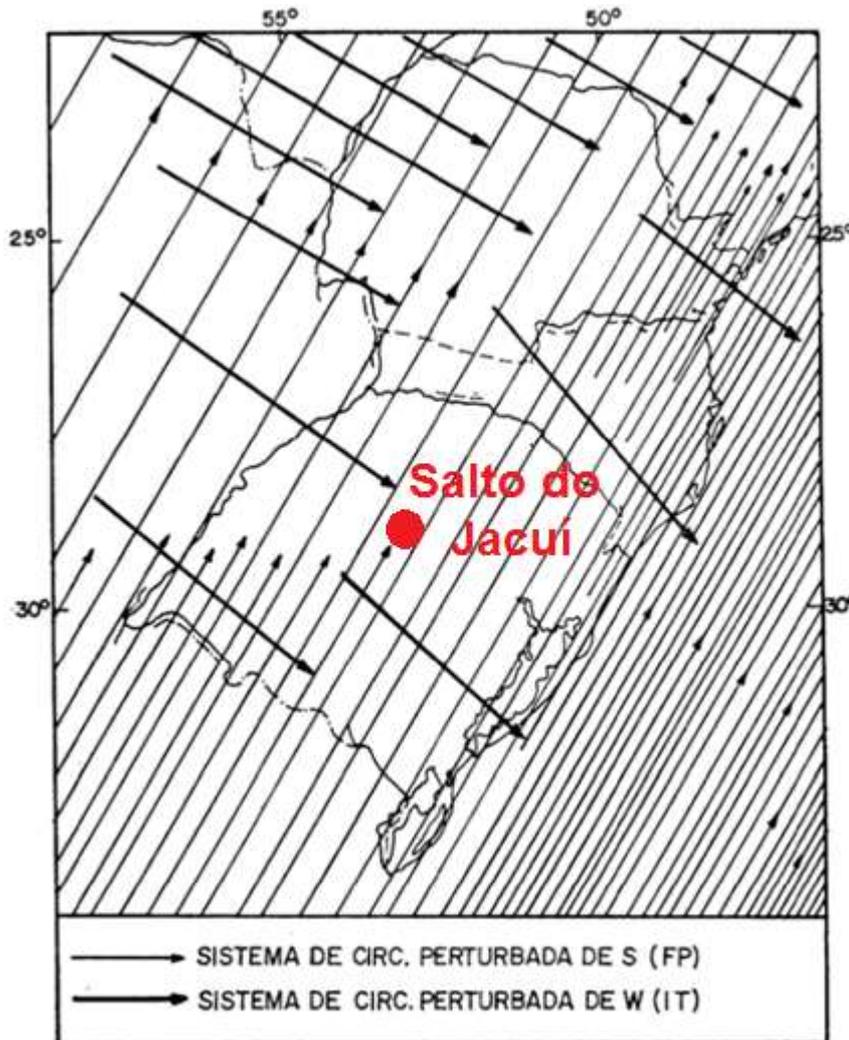
outono quando é individualizada e dinamizada pela formação de frente fria da Frente Polar Pacífica que ao transpor a barreira dos Andes sofre os efeitos da dissecação adiabática. A origem dessa massa de ar é sobre o continente que se estende na estreita zona quente e árida, a leste dos Andes e ao sul do Trópico de Capricórnio e se intensifica mais durante o verão fazendo com que apresente altas temperaturas e baixa umidade, por isso esta massa de ar está geralmente associada ao tempo bom.

Assim o ar quente e seco da planície do Chaco é reforçado pela subsidência superior desse ar frio e seco que dotado de movimento divergente, torna-se a principal responsável pela formação da mTc, de elevada temperatura e baixa umidade (MONTEIRO, 1963). O autor ainda adverte que muitas vezes em outras estações do ano, a Tropical Continental é individualizada na Região Sul, mas na verdade é confundida com a mPa que já perdeu suas características iniciais, o que se tem então, sobre a Região Sul é uma Massa Polar Velha e não a mTc. Além das massas de ar também dois tipos de correntes perturbadas apresentam notável participação na Região Sul.

A constante circulação e dinamismo das massas de ar que constituem o quadro climático da Região Sul proporcionam a formação e atuação de correntes perturbadas. Segundo Nimer (1977), são zonas depressionárias que existem entre duas massas de ar ou dois centros de alta pressão, constituindo-se em descontinuidade para onde convergem os ventos das altas pressões, tornando o tempo instável e chuvoso, sendo sistemas atmosféricos muito móveis.

A circulação e o dinamismo das massas de ar possuem importante participação na configuração dos tipos de tempo para toda a Região Sul, sendo elas, as correntes perturbadas de sul (Frente Polar Atlântica) e as correntes perturbadas de oeste também chamadas de Linhas de Instabilidades Tropicais, representada pela Figura 22.

Figura 22 - Sistemas de Circulação Atmosférica Perturbada na Região Sul



Fonte: Nimer (1989).

A Corrente Perturbada de Sul ou Frente Polar Atlântica (FPA) é consequência direta do avanço do Anticiclone Migratório Polar e assim como a mPa, possuindo descontinuidade frontal que avança sobre o continente, deslocando-se de SW a NE e estendendo-se de NW para SE. Possui intensa participação na formação dos tipos de tempo na região o ano inteiro em especial no Rio Grande do Sul, conforme Sartori (1979). A atuação é mais intensa no inverno, devido às pressões mais elevadas dos Anticiclones Polares em função das baixas temperaturas. Seu deslocamento sobre a região apresenta certa regularidade com uma invasão a cada semana.

As correntes perturbadas de oeste ou Instabilidades Tropicais (IT) têm relevância reduzida na formação dos tipos de tempo da Região Sul. Segundo Nimer (1977), ligadas originalmente ao movimento ondulatório que se verifica na FPA, ao

entrar em contato com o ar quente da zona tropical. A partir dessas ondulações formam-se ao norte da FPA uma ou mais linhas de IT sobre o continente.

Estas linhas de instabilidades se deslocam rapidamente de noroeste para sudeste perpendicularmente ao eixo da frente polar, mas às vezes permanecem mais estacionárias, sendo mais frequentes de meados da primavera ao outono em virtude do maior aquecimento térmico do continente, estando associada à formação de grandes cúmulos-nimbos que na maioria das vezes são responsáveis por intensas chuvas de curta duração, resultante das correntes convectivas.

Dessa forma a intensa circulação das massas de ar e das correntes perturbadas estão diretamente relacionadas a ação dos sistemas atmosféricos e também pelas características geográficas da região. Toda esta manipulação de interações que se processam entre atmosfera e superfície terrestre permitem a formação de vários tipos de tempo associados aos domínios e atuações dos centros de ações. Dos sete centros de ação que atuam na América do Sul, na Região Sul é frisada a influência de três deles através de massas de ar e correntes perturbadas com suas respectivas caracterizações que por sua vez, irão classificar os tipos de tempo registrados na região fisiografia da área de estudo.

O clima do Rio Grande do Sul na maioria de seu território pode ser definido como úmido apresentando uma distribuição de chuvas ao longo do ano de forma regular, sem a presença específica de uma estação seca. As temperaturas variam, sendo relativamente quentes durante o verão e diminuindo no período do inverno, com presença de dias mais frios, intercalados com períodos não tão frios (ROSSATO, 2011).

Para o estudo da área em questão podem ser utilizadas duas formas de referência à caracterização do clima local: uma estatística e outra genética. O método estatístico aborda os elementos climáticos e sua distribuição na superfície terrestre usando técnicas estatísticas. A análise genética, por sua vez, estuda a dinâmica atmosférica recíproca à área de estudo e avaliando noções de sistemas atmosféricas e sua dinamicidade (WOLLMANN; GALVANI, 2012). Os elementos climáticos que foram alvos deste estudo aplicam-se à análise estatística e genética do clima e são principalmente: a temperatura, umidade relativa do ar, e leva-se em conta a ação dos sistemas atmosféricos e sua dinamicidade.

O conceito de temperatura está basicamente ligado ao movimento das moléculas e dependem da intensidade da energia que incide sobre determinado local

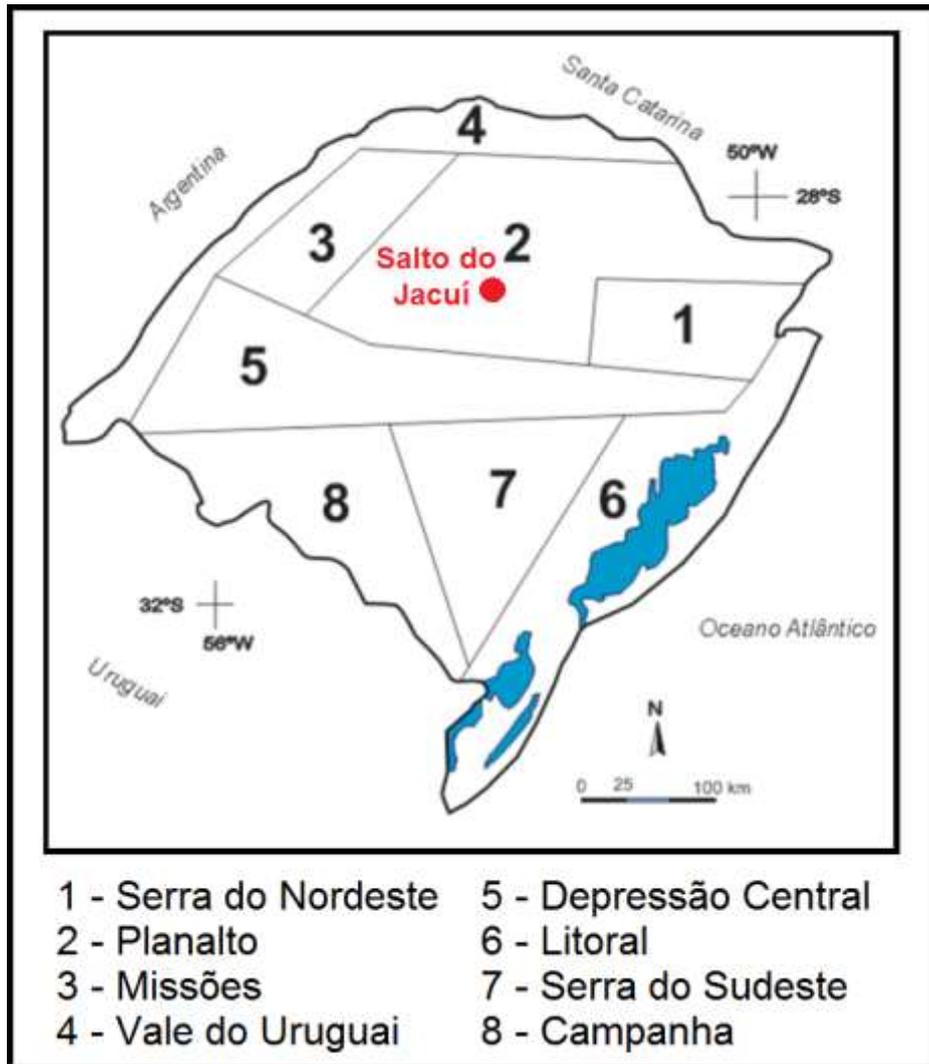
(MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2009). Dessa forma, a temperatura é um dos elementos climáticos mais perceptíveis pelas nossas sensações através da diferenciação do frio e calor. Além disso a temperatura é distinta nas várias porções do globo terrestre, uma vez que os valores variam de lugar para lugar e ao longo dos dias e do ano. Isto ocorre por uma série de fatores que influenciam nossa temperatura atmosférica, sendo eles: a inclinação do eixo terrestre, ao movimento de rotação da Terra, ao movimento de translação que o planeta realiza ao redor do Sol, a altitude, correntes oceânicas, posição geográfica, maritimidade e continentalidade. (GRIMM, 1999).

Outro fator importante dentro do estudo do clima de uma região é a determinação das medidas de temperatura (média, máxima e mínima média e absoluta) da área a ser analisada. Essas medições são feitas na maioria das vezes a partir de um simples, porém importante instrumento: o termômetro (GRIMM, op. cit.).

A temperatura no Rio Grande do Sul apresenta uma grande variação sazonal, especialmente quando ocorre uma comparação nas médias dos meses relativos ao inverno e verão no Estado. Araújo (1930) já destacava que as alterações na temperatura se dão principalmente pela presença das variações de altitude, continentalidade e a presença de grandes massas de água. Dessa forma, devido a maneira heterogênea com que se encontram distribuídas as mudanças dos elementos climáticos em cada área, o mesmo autor dividiu o Rio Grande do Sul em oito regiões e segundo ele, a área de estudo está situada na região climática do Planalto conforme a Figura 23.

Os verões do Rio Grande do Sul são assinalados por uma elevação considerável de temperatura. Por outro lado, os invernos podem ser particularizados pelas baixas temperaturas. Para Machado (1950), a influência das ondas de calor e frio favorecem essa variabilidade térmica, indicando que os meses mais quentes são geralmente percebidos de janeiro a março e os mais frios normalmente de maio a setembro.

Figura 23 - Representação das classes climáticas definidas por Araújo (1930)



Fonte: SARTORI, M. G. B. (1993, p. 178).

Araújo (1930), aprendi que a umidade relativa do ar pode ser considerada como a relação de água existente no ar e o valor máximo que poderia haver na mesma temperatura, sofrendo influência desta. Isto quer dizer que se a temperatura variar, a umidade pode variar também e ambas são inversamente proporcionais (AYOADE, 1991).

Com relação a umidade relativa do ar no Rio Grande do Sul, Sartori (2003) aponta que esta varia em média de 75% a 85%. Ainda, a umidade no Estado é estável durante as diferentes estações do ano, no verão e na primavera os valores ficam em torno de 68% a 85%, ao passo que no inverno os valores encontram-se entre 76% e 90%.

Dentro dos estudos sobre caracterização climática, um importante elemento a ser considerado é a precipitação pluvial mais conhecida como chuva. A precipitação

pluviométrica para Ayoade (op. cit.), pode ser definida como qualquer forma de deposição de água na forma líquida ou sólida provenientes da atmosfera (neve, granizo, orvalho, geada e nevoeiro). Sendo assim a chuva é considerada como uma das três formas de precipitação, o estado líquido e ocorre no momento em que o vapor de água se condensa formando nuvens e sofre ação da altitude, onde a Umidade Relativa do Ar está saturada, atingindo teoricamente 100% na atmosfera e desloca-se em direção à superfície em estado líquido ou sólido (PAULA, 2009).

A análise é relevante pois a precipitação reflete não apenas as condições climáticas da área, mas também as sociais e econômicas, tornando-se um importante critério de análise e entendimento do espaço geográfico devido ao fato de que pode demonstrar as condições de circulação atmosférica regional tanto sazonal quanto anual (WOLLMANN; GALVANI, 2012), além de influenciar o planejamento das atividades agrícolas e econômicas da região em estudo. Também é considerada por Correa (2013), como o principal elemento de análise e organização do planejamento territorial e ambiental.

Sua medida pode ser dada através da medição do índice pluviométrico, o qual refere-se à quantidade de precipitação por metro quadrado de um determinado local e em um determinado período. O aparelho mais utilizado para esta medição é o chamado pluviômetro. No Rio Grande do Sul, segundo Machado (1950) e afirmado em Sartori (2003), não existe uma estação que possa ser definida como chuvosa, uma vez que as precipitações se distribuem quase que com os mesmos valores ao longo do ano. Monteiro (1963), também aponta a ocorrência de chuvas no Estado, afirmando que estas se mantêm abundantes durante o ano todo e que possui relação com o caráter úmido da região, destacando locais onde não é possível se identificar um período que possa ser considerado seco.

De acordo com Sartori (1993), os anos-padrões ou habituais, podem ser representados por aqueles anos em que os totais pluviométricos para o Rio Grande do Sul, marcaram entre 1400 mm e 1800 mm. Considerando que os valores abaixo deste total (1400 mm) assinalam os anos-padrões menos chuvosos e acima de 1800 mm, os anos-padrões mais chuvosos.

Machado (1950) e Sartori (op. cit.), através da análise estatística de ambos autores, concluíram que os meses do ano oscilam com baixa diferença um do outro em relação a precipitação. Registrando no Estado que 27% das chuvas ocorrem no período da primavera, 28% a 31% nos meses do outono, 28% representado pelos de

inverno e aproximadamente 17% no verão.

Dentro da análise do método dinâmico para análise climatológica de uma área leva-se em conta a ação dos sistemas atmosféricos e sua dinamicidade. Esses sistemas são constituídos pelas massas de ar e correntes perturbadas, sendo de extrema importância sua avaliação de modo a entender sua influência sobre os movimentos atmosféricos do local em estudo (WOLLMANN; GALVANI, 2012).

No Rio Grande do Sul existe a predominância de um centro de ação conhecido como Anticiclone Migratório Polar, advindo do acúmulo de ar frio em latitudes subpolares sobre o Oceano Pacífico, caracterizando-se por apresentar ar frio e estável, migrando predominantemente para o continente. Para Monteiro (1963), as principais massas formadoras dos tipos de tempo no Estado provêm da atuação de Massas Polares e ação das Frentes Frias.

Enquanto isso, Sartori (2003) aponta em seus estudos a dinâmica dos Centros de Ação na Região Sul afirmando a participação dos sistemas atmosféricos extratropicais na sucessão do tempo, sendo estes os mais presentes mesmo no período do verão. Porém a autora afirma que as Frentes Frias são responsáveis pela distribuição das precipitações mensal, sazonal e anual em cerca de 90% dos dias com registro de chuva.

Outro fator marcante no clima sul-rio-grandense são as diferenças entre verão e inverno. No verão as temperaturas são mais altas, pois há maior atuação de sistemas tropicais, como a Massa Polar Velha que predomina em 45% dos dias da estação. Em segundo lugar está a Frente Polar Atlântica que domina em cerca de 20% dos dias da estação no verão (Sartori, op. cit.). Além disso, a autora também destaca que a Massa Polar Atlântica domina logo após a saída da Frente Fria, permanecendo de um a dois dias. Isso ocorre porque a Frente Fria logo entra em tropicalização devido a maior insolação e aquecimento da superfície, aumentando as temperaturas máximas e mínimas.

Ainda dentre os Sistemas Intertropicais atuantes no verão está a Massa Tropical Atlântica (mTa) dominando em cerca de 5% dos dias. Ocorre também a atuação das Instabilidades Tropicais ou Noroeste (7% dos dias) e de Calhas Induzidas (5% dos dias), sendo associadas às fases pré-frontais não dependendo da massa de ar predominante. Sendo assim esses sistemas de circulação secundária acabam provocando chuvas fortes e rápidas, tempestades e precipitações de granizo, porém em áreas isoladas. (SARTORI, op. cit.).

Desse modo pode-se dizer que o território do Rio Grande do Sul encontra-se em uma zona climática de transição e por isso apresenta características que demonstram a influência dos Sistemas Atmosféricos Extratropicais (massas e frentes polares) e intertropicais (massas tropicais e Correntes Perturbadas), especialmente no que tange a dinâmica das chuvas (SARTORI, op. cit.).

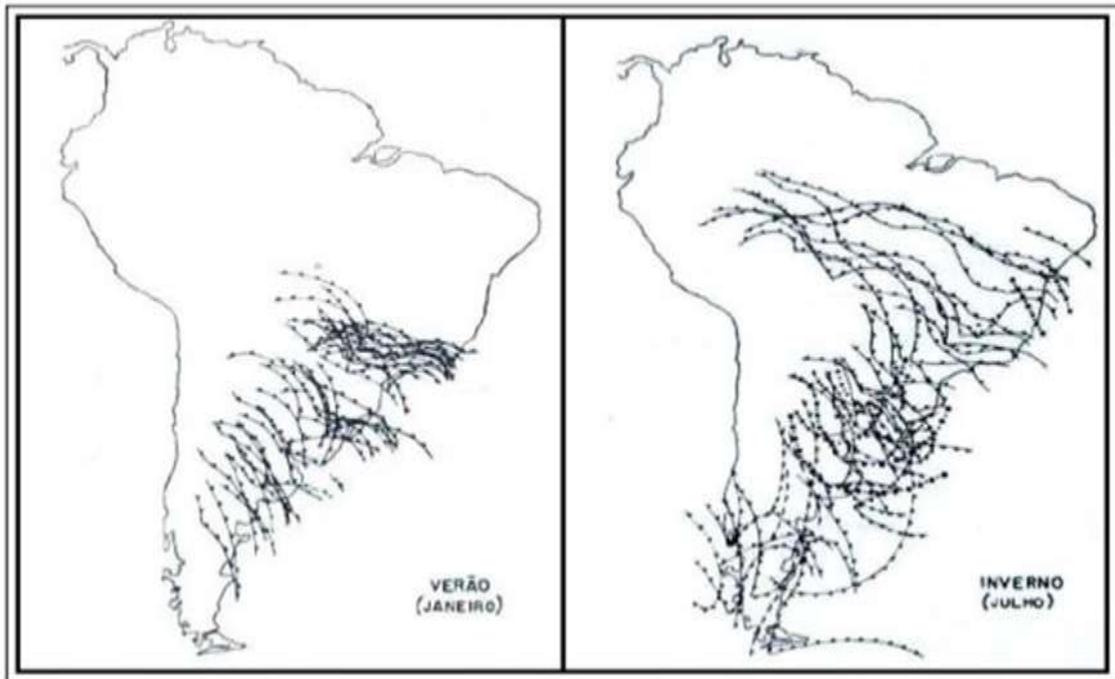
Nesse contexto, o modo como o sistema de correntes perturbadas atuam na região Sul do Brasil onde percebe-se uma maior participação das Correntes Perturbadas de Sul, conhecidas também como Frentes Polares no processo de formação da precipitação (WOLLMANN, 2011), especialmente durante o inverno, pois a Massa Polar Atlântica tem sua força aumentada se sobressaindo em 60% dos dias da estação principalmente pela intensificação do Anticiclone Polar Atlântico (APA), devido ao resfriamento que atinge as latitudes médias e altas do Hemisfério Sul.

Nessa época do ano torna-se maior a permanência da Massa Polar Atlântica podendo estar presente por até 8 dias consecutivos. Isto leva à redução significativa das temperaturas, das altas pressões de origem polar que acabam por ficar mais intensas. Ainda neste período ocorre uma drástica diminuição da tropicalização e em consequência a Massa Polar Velha (mPv) tem sua frequência reduzida prevalecendo em apenas 11% dos dias de inverno. Por outro lado, a Frente Polar Atlântica é maior no inverno com decorrência de 22% dos dias (SARTORI, 2003)

Também ocorre um grande aumento nos totais de precipitação no inverno decorrentes de maior número de passagens frontais e presença de frentes estacionárias e de ciclogêneses nesta estação (Figura 24).

No inverno a Massa Tropical Atlântica (mTa) mantém seus níveis de atuação, ficando com 6% dos dias do período de inverno substituindo a mPv. Contudo, a Massa Polar Continental tem sua atuação reduzida ao passo que as Correntes Perturbadas, tais como as Instabilidades Tropicais e Calhas Induzidas, controlando em média 3% dos dias sendo responsáveis pelas chuvas e/ou granizo que antecedem a Frente Polar Atlântica (FPA) quase sempre as confundindo, não se sabendo quais são as ocasionadas por perturbações pré-frontais ou aquelas por Frentes Frias.

Figura 24 - Posição da Frente Polar durante o inverno e o verão na América do Sul



Fonte: MONTEIRO, 1963.

A primavera, assim como o outono é considerada uma estação de transição, neste caso, do inverno para o verão. Durante a estação ocorre um aquecimento gradativo da superfície em todo o território nacional, pois o ar polar tropicalizado é bem mais incidente do que anteriormente, assim elevando as temperaturas. Na maioria dos casos a Massa Polar Velha domina de 1 a 6 dias após a duração de 1 a 4 dias da Massa Polar Atlântica ou logo após a passagem da Frente Fria comandando o tempo na área em média 45% do total dos dias do período da primavera.

Por outro lado, acontece uma redução na frequência da Massa Polar Atlântica dominando em cerca de 30% dos dias, enquanto isso a Frente Polar Atlântica permanece com sua média de 20% atuantes durante os dias de Primavera. Na primavera a Massa Tropical Continental aumenta sua influência sobretudo entre os meses de novembro e dezembro, em substituição a mPv. Embora seja de pouca duração os dias em que ela predomina são marcados pelas maiores temperaturas e ressecamento do ar, além de apresentar as mais baixas pressões. Com relação às Instabilidades Tropicais Calhas Induzidas, e Massa Tropical Atlântica. Essas mantêm seus níveis.

O outono trata-se de um período de transição, do verão para o inverno. Nesta estação, verifica-se ainda a participação dos Sistemas Intertropicais, porém com maior

predominância da Massa Polar Atlântica que vai comandar mais de 45% dos dias nessa fase. Isso ocorre devido à intensificação do APA, o qual dá origem a massas polares mais definidas e persistentes. Além disso, outro fator que pode explicar tal mudança é a tempo de tropicalização que se torna mais lento em virtude da declinação do sol trazendo reflexos como: diminuição da insolação, da entrada de radiação solar, ocasionando a queda na temperatura.

Outra característica do outono é a diminuição da atuação da Massa Polar Velha passando para cerca de 30% do total dos dias. Enquanto isso, a Frente Polar Atlântica se mantém com seus 20% durante os dias da estação (incluindo as frentes com deslocamento normal, as que estacionam ou formam ciclones frontais sobre o estado ou oceano próximo ao litoral).

Conforme Sartori (2003), os Sistemas Intertropicais diminuem sua frequência passando a ser em média de 6% a 1% do total dos dias, sendo representados pelas massas Tropical Atlântica e Tropical (MTA e MTAc). Desse modo pode-se dizer o território do Rio Grande do Sul encontra-se em uma zona climática de transição e por isso apresenta características que demonstram a influência dos Sistemas Atmosféricos Extratropicais (massas e frentes polares) e Intertropicais (massas tropicais e Correntes Perturbadas).

No Rio Grande do Sul segundo Sartori (2003), as Correntes Perturbadas de Sul (Frentes Polares), fazem com que existam diversos tipos de passagens frontais que ocasionam tipos de tempo no Estado. Sendo dividida em 6 tipos de tempo frontais relacionados a formação da pluviometria no estado. Além da análise de tipos de tempo associados às correntes perturbadas, a autora apresenta tipos de tempo relacionados ao domínio de sistemas atmosféricos polares e tropicais.

Figura 25 - Tipos de Tempo do Rio Grande do Sul

Vínculo Genético			
	Tempos Anticiclônicos Polares	Tempos Associados a Sistemas Intertropicais	Tempos Associados a Correntes Perturbadas
T I P O S  D E  T E M P O	Tempos Anticiclônicos Polar típico;	Tempos Anticiclônicos Tropical Marítimo;	Tempos Frontal de Sudoeste de Atuação Moderada;
	Tempos Anticiclônicos Polar Marítimo;	Tempos Anticiclônicos Tropical Continentalizado;	Tempos Frontal de Sudoeste de Fraca Atuação;
	Tempos Anticiclônicos Polar Continental;	Tempos Depressionário Continental	Tempos Frontal Estacionário;
	Tempos Anticiclônicos Polar Pós-frontal;		Tempos Frontal de Nordeste;
	Tempos Anticiclônicos Polar em Tropicalização;		Tempos Frontal Ciclônico de Atuação Direta;
	Tempos Anticiclônicos Aquecido;		Tempos Frontal Ciclônico de Atuação Indireta

Fonte: Sartori, (2003).

Adaptação: Autor

Os Tempos Anticiclônicos Polares estão divididos em 6 tipos de tempo sendo eles:

- Tempo Anticiclônico Polar Típico: Caracteriza por altas pressões ocasionadas pela formação do centro do Anticiclone Polar Atlântico (APA), formador da Massa Polar Atlântica sobre o estado do Rio Grande do Sul;
- Tempo Anticiclônico Polar Marítimo: Está associado ao domínio da mPa típica (marítima) com o centro barométrico sobre o oceano, mas próximo ao continente na latitude do Estuário do Rio da Prata e Uruguai (trajetória marítima);
- Tempo Anticiclônico Polar Continental: Está relacionada à Massa Polar Atlântica com trajetória continental ocorrendo principalmente no inverno, quando sucede o reforço do abastecimento do ar polar ocasionado pela Massa Polar Pacífica (mPp) ao extravasar a Cordilheira dos Andes em maiores latitudes onde a cordilheira possui menores altitudes;
- Tempo Anticiclônico Polar Pós-Frontal: Tipo de tempo bastante comum no outono/inverno sul-rio-grandense ocorrendo logo após a passagem da FPA que ainda encontra-se sobre o Norte do Rio Grande do Sul e parte de Santa Catarina com o centro da mPa no oceano, na latitude da Argentina, mas próximo ao continente. Ocorrem nevoeiros classificados pela autora de “nevoeiro polar pós-frontal”;

- Tempo Anticiclônico Polar em Tropicalização: Ocorre quando há o domínio da mPv, registrando aumento das temperaturas máximas acima de 25°C e mínimas inferior a 15°C podendo as máximas absolutas atingir valores superiores a 30°C bem como registro de grande amplitude térmica;

- Tempo Anticiclônico Aquecido: Semelhante ao Tempo Anticiclônico Típico, pois o Anticiclone Polar localiza-se sobre o Estado, mas encontra-se aquecido. Mais comum em situações primaveris e vernais quando sucede enfraquecimento dos sistemas de origem polar;

Os tempos associados a Sistemas Intertropicais foi dividido pela autora em 3:

- Tempo Anticiclônico Tropical Marítimo: Este tipo de tempo semelhante ao do Tempo Anticiclônico Polar em Tropicalização, mas está relacionado ao domínio da Massa Tropical Atlântica (mTa) sobre o Rio Grande do Sul, favorecendo tempo bom;

- Tempo Anticiclônico Tropical Continentalizado: Está associada à mTa, que ao percorrer o território brasileiro sofre efeitos do aquecimento continental, tornando-se menos úmida e mais quente;

- Tempo Depressionário Continental: Resultante da atuação da mTc devido ao aprofundamento da Baixa do Chaco que eventualmente atinge o Rio Grande do Sul entorno de 8% dos dias do ano. Esse tipo de tempo pode ser muito bem caracterizado, pois as temperaturas máximas são quase sempre superiores a 35°C, com pressão atmosférica muito baixa inferiores até mesmo em comparação com as passagens frontais, ventos do quadrante oeste de intensidade variável. Podem ocorrer Instabilidades Tropicais;

Os Tempos Associados a Corrente Perturbadas foram divididos em 6:

- Tempo Frontal de Sudoeste de Atuação Moderada: Ocasionalado pela passagem corriqueira da Frente Polar Atlântica (FPA), sem permanecer sobre o território Sul-rio-grandense, originando densa nebulosidade e chuvas de volume razoável, algumas vezes superiores a 50 mm, com relâmpagos, raios e trovoadas;

- Tempo Frontal de Sudoeste de Fraca Atuação: Sendo resultante da formação de uma fraca frontogênese sobre o Rio Grande do Sul. Além disso define-se pela passagem rápida da frente (menos de 1 dia);

- Tempo Frontal Estacionário: Ocasionalado pela permanência de pelo menos três dias do eixo frontal sobre o Estado provocado pelo fraco fluxo polar ou bloqueio da circulação atmosférica regional pela influência do aTa que pode ocorrer,

por exemplo, quando há a ação do fenômeno El Niño originando um tempo muito úmido, com chuvas de intensidade variada, e pequena amplitude térmica diária;

- Tempo Frontal de Nordeste: Está relacionado à participação de uma Frente Quente que é resultado do retrocesso da Frente Fria para o Rio Grande do Sul depois de localizar-se em latitudes mais baixas como os Estados de Santa Catarina e Paraná. Podendo ocasionar chuvas fortes;
- Tempo Frontal Ciclônico de Atuação Direta – Atua sobre o Rio Grande do Sul a FPA com formação definida de ciclone frontal, localizado sobre o Estado, resultando em céu totalmente encoberto com chuvas fortes, muitas vezes superiores a 50 mm;
- Tempo Frontal Ciclônico de Atuação Indireta: Ocorrendo em situações posteriores ao posicionamento do ciclone frontal no Oceano Atlântico, na latitude do Rio Grande do Sul e Uruguai com apenas o ramo continental da Frente ou o vórtice afetando o Estado;

### 3.6 TÉCNICAS DE ESTUDO DO CAMPO TÉRMICO: PONTOS FIXOS E TRANSECTOS MÓVEIS

A técnica dos pontos fixos consiste em montar uma rede fixa de pontos de aquisição e monitoramento de dados climáticos dentro de determinada área urbana por meio da inserção de mini abrigos meteorológicos providos de aparelhos registradores (que podem ser automáticos no caso dos *Dataloggers* ou convencionais como os psicômetros de funda). Em relação a malha de pontos fixos não existe um critério específico para estabelecer os pontos representativos dos ambientes urbanos e rurais, mas de acordo com Gartland (2010) tais pontos necessitam ter a mesma altitude e o mesmo terreno, o que nem sempre é possível. Cada ponto fixo da malha conta com um mini abrigo meteorológico equipado com aparelho específico para a aquisição de dados de temperatura e umidade relativa do ar entre outros.

Mesmo com suas desvantagens operacionais e logísticas, a técnica dos pontos fixos de acordo com Gartland (2010) a mais simples e comum quando se analisa a ilha de calor, pois permite comparar dados sobre as condições climáticas de duas ou mais localidades. Vários autores utilizaram a técnica dos pontos fixos no estudo do campo térmico e higrométrico das cidades brasileiras como nos casos de Santa Maria - RS (SARTORI, 1979); Curitiba - PR (DANNI, 1987); Londrina - PR (MENDONÇA,

1994); Rio de Janeiro - RJ (BRANDÃO, 2001); Florianópolis - SC (MENDONÇA, 2002); Pelotas - RS (COLLISCHONN, 2012), entre outros.

No alusivo estudo da ilha de calor urbana geralmente a técnica de coleta de dados dos pontos fixos pode complementar a dos transectos móveis e vice-versa. O quadro a seguir destaca algumas vantagens e desvantagens da técnica de coleta dos pontos fixos. Na tabela 01 podem-se ver as vantagens e desvantagens da metodologia dos pontos fixos.

Quadro 01- Vantagens e desvantagens dos pontos fixos

<b>Vantagem</b>	<b>Desvantagem</b>
Permite observações simultâneas	Dificuldade em definir pontos representativos
Favorece o registro temporal da ilha de calor	Custo operacional e logístico
	Preparar equipes para registro dos parâmetros e compatibilizar horários de leituras

Fonte: Fialho (2009).

A metodologia dos transectos móveis permite uma maior dinamicidade e autonomia na aquisição de dados climáticos intra-urbanos. Neste sentido conforme Gartland (2010), os transectos móveis podem ser utilizados a qualquer hora do dia ou da noite, embora isso às vezes dependa das condições de trânsito e clima entre outros. A maioria dos estudos executa os transectos à noite sob condições meteorológicas claras (céu limpo) e calmas (sem vento) a fim de medir a intensidade de calor máxima de uma ilha de calor.

De acordo com Krebs (1989), o método do transecto consiste em caminhar ao longo de um percurso previamente determinado registrando as medições em pontos com distâncias iguais. O comprimento do transecto e a distância entre os pontos de coleta dependem dos objetivos do estudo, do tempo disponível e da finalidade do trabalho.

Para Gartland (2010) transecto móvel implica percorrer um trajeto predeterminado por uma região parando em locais predefinidos para obter medidas de elementos ou variáveis meteorológicas. No âmbito geral os transectos móveis correspondem a trajetos pré-estabelecidos dentro de determinada malha urbana onde são registrados dados climáticos (temperatura, umidade relativa, vento, pressão

atmosférica, entre outros) fazendo uso de aparelhos automáticos (Dataloggers) acoplados a veículos (motocicleta, bicicleta, automóvel, entre outros).

Estes veículos percorrem os trajetos pré-estabelecidos em horário padrão para a captura dos dados com um tempo máximo de 50 minutos e numa velocidade média de mais ou menos 40 km/h, pois velocidades acima disto põem em prejuízo a resolução espacial das observações micro meteorológicas e abaixo podem gerar conflitos e transtornos aos automóveis que circulam ao redor da unidade de monitoramento conforme Machado; Azevedo (2006).

Embora seja um dos métodos preferidos pelos pesquisadores para obtenção de dados climáticos dentro de determinada zona urbana, os transectos móveis possuem algumas desvantagens e necessitam de alguns cuidados. A tabela a seguir destaca algumas vantagens e desvantagens que a metodologia dos transectos móveis apresenta. No quadro 02 podem-se observar as vantagens e desvantagens da metodologia dos transectos móveis.

Quadro 02 - Vantagens e Desvantagens dos Transectos Móveis

<b>Vantagem</b>	<b>Desvantagem</b>
Descreve melhor a heterogeneidade do meio urbano	Refazer o percurso, algumas vezes com intuito de criar uma maior confiabilidade
Aumenta o número de pontos de coleta dentro da área de estudo	Não é apropriado para grandes distancias
Permite uma maior agilidade no processo de monitoramento	Restrito apenas a estragas de rodagem
	Dificuldade de definir pontos representativos
	Não mensuração simultânea dos elementos do clima

Fonte: Fialho (2009).

### 3.7 CLIMA URBANO: ESTUDOS DE CASOS NO BRASIL E NO MUNDO

Nos últimos anos a comunidade científica está cada vez mais em buscas de compreender os processos climáticos em ambientes populacionais e buscando encontrar soluções para a variabilidade do clima urbano em pequeno, médio e grande

porte e suas consequências através das intervenções humanas relacionadas à transformação do solo.

Saydelles (2005) realizou a análise do campo térmico e as ilhas de calor urbano em Santa Maria e em seu entorno relacionando seus comportamentos térmicos e espaciais através da interação das variáveis urbanas e naturais, frente à imposição de tipos de tempos oriundos de condições sinóticas de fase Pré-Frontal e de Domínio Polar no inverno.

Dividindo o desenvolvimento de Saydelles (2005) em três fases. Elaboração dos objetivos da pesquisa em seguida subdividiu a segunda fase em análise espacial, elaborando cartas temáticas que caracterizaram as variáveis geológicas e geourbanas da área e analisou o campo térmico, a meso e topoclima no qual utilizou a ajuda de imagem de satélite. Realizando estudo de campo junto à malha urbana distribuindo mini abrigos meteorológicos para mensuração das temperaturas do ar em horários predefinidos. A terceira fase consistiu na análise dos resultados, interpretando a cartografia térmica digital de superfície.

Assim pode-se afirmar que a imposição dos sistemas atmosféricos regional atua diretamente na definição do campo térmico e na formação das Ilhas de Calor Urbano (ICU), devendo ser considerado para efeito de um melhor planejamento urbano e no maior entendimento das variáveis climáticas locais.

Segundo Souza (2010), as transformações antrópicas de um determinado espaço físico podem ocasionar variações nos atributos climáticos como: a umidade relativa do ar e a temperatura do ar, dentre outros. Como objetivo o estudo das possíveis alterações do clima local e urbano da cidade de Presidente Epitácio, localizada no extremo oeste do Estado de São Paulo, devido a formação do lago artificial para a construção da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta (Porto Primavera).

Utilizando como um dos principais instrumentos um transecto para o registro de temperatura do ar e umidade relativa que partia do entorno do lago da Usina Hidrelétrica passando pela área central da cidade e finalizando na área rural. Também sendo instalados mini-abrigos meteorológicos equipados com sensores digitais adequados para monitoramento e registro de temperatura do ar e de umidade relativa do ar a partir da escolha de pontos considerados seguros.

Souza (op. cit.) constatou em suas análises que a variação da temperatura do ar entre os postos da área intra-urbana, da área de influência do lago e da área rural,

sendo possível averiguar que nos horários de maior produção de energia, isso é, durante o período diurno as diferenças das amplitudes diminuíram, entretanto no período noturno aumentaram devido ao volume de energia produzida no período diurno e dissipando essa energia no período noturno.

Seguindo a análise dos resultados, as amplitudes higrométricas foram menores na área de influência do lago e na área rural do que na área intra-urbana. O autor conclui que a presença do lago próximo ao ambiente urbano não contribui ou influenciou no aumento da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, porém atuou como um maior equilíbrio térmico e higrométrico.

Rossato (2010) desempenhou o estudo na cidade de Nova Palma, de acordo com a proposta de Monteiro (1976) usando o SCU, considerando também o subsistema termodinâmico e teve como principais elementos a umidade relativa do ar, a temperatura do ar e o vento por intermédio de pontos de observações instalados no interior e entorno da cidade. Possível ocorrer a coleta dos principais dados dos elementos do subsistema termodinâmico em horários preestabelecidos e também em cada uma das quatro estações do ano de 2008. Compreendendo que o entorno da área que está dentro do perímetro urbano, mas que ainda não possui urbanização. Nas quatro estações do ano os elementos termodinâmicos se definiram, primeiramente, pelas características sazonais, em seguida pelo sistema atmosférico atuante e depois, pelos condicionantes geocológicos e geourbanos.

A autora Rossato (2010) observou ao analisar os dados da Estação Meteorológica de Santa Maria que Nova Palma sempre apresentou nos dias de coleta referente as estações do ano, mínimas de temperaturas menores, máximas maiores e umidade relativa mais elevada que os valores registrados na Estação do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). No tratamento dos dados coletados verificou-se que a maior influência que a cidade apresenta é com relação às direções de vento que devido as edificações urbanas variam de um ponto para outro. Concluindo segundo os resultados dessa pesquisa, ainda não se detecta grande influência do urbano no clima local devido ao seu pequeno porte auxiliado pela arborização urbana e pela vegetação natural presente e seus rios.

Costa (2015) estudou o campo térmico e a qualidade ambiental urbana de Chapecó, cidade localizada na região do Oeste Catarinense. O mesmo estabeleceu trajetos pela cidade e com o uso de transectos móveis, foi possível serem realizadas coletas de dados climáticos, ou seja, temperatura do ar, nesse estudo

especificamente. Realizando as coletas em horários e dias pré-estabelecidos os dados foram usados para identificar e especializar a ocorrência de fenômenos climáticos urbanos como ilhas de calor. Utilizando a metodologia dos transectos a qual consistiu na aquisição automática e simultânea de dados climáticos ao longo dos trajetos dentro de determinada malha urbana.

Costa (op. cit.) detectou que as Ilhas de Calor apresentaram maior magnitude na estação de inverno e em episódios de tempo sob domínio de sistemas atmosféricos polares (Massa Polar Atlântica, Massa Polar Continental). Pelo tamanho da cidade e intensidade das alterações ambientais promovidas pela ação antrópica não foi registrada ilhas de calor de fraca magnitude. Em relação ao conforto térmico humano registrado em Chapecó notou-se que a ilha de calor é responsável pelo desconforto térmico verificado nos tipos de tempos associados a sistemas atmosféricos tropicais no verão e pelo conforto térmico nos episódios de tempo associados a sistemas polares no inverno. Ao relacionar a qualidade ambiental verificou-se que as áreas de baixa qualidade corresponderam às áreas centrais da cidade onde foram identificados e mapeados atributos negativos que reduzem a qualidade do ambiente. As ilhas de calor de média, forte e muito forte magnitude se estabeleceram justamente nas áreas centrais da cidade onde a qualidade ambiental é baixa.

O referido autor concluiu que em função da latitude da cidade de Chapecó/SC e tipo climático subtropical, a ilha de calor é prejudicial ao conforto térmico humano na estação do verão sendo benéfica principalmente nos episódios de tempo sob domínio de sistemas polares no inverno. Além disto, destacou-se que a urbanização é a principal responsável pela geração da ilha de calor e com o passar do tempo senão forem tomadas medidas visando o planejamento integrado da paisagem urbana pode haver redução na qualidade ambiental principalmente nas áreas centrais da cidade onde nos dias atuais são encontrados a maioria dos atributos negativos que reduzem a qualidade do ambiente e o desconforto térmico (Costa op. cit.).

Mais recentemente, o Clima Urbano na Cidade de Agudo/RS foi estudada por Kegler (2016), usando o Sistema Clima Urbano proposto por Monteiro (1976), usando situações climáticas distintas sendo duas no inverno e duas no verão totalizando quatro. Foram feitos levantamentos de informações e reconhecimentos de áreas relevantes para a pesquisa. No ambiente urbano e rural próximo a cidade foram realizados transectos móveis para coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar, após as coletas os dados foram tabulados e espacializados, pois foram feitas

análises posteriores com os dados geocológicos e geourbanos de Agudo com a finalidade de entender se houve ou não manifestações de clima urbano na cidade.

Kegler (op. cit.) constatou que houve formação em dois momentos de fenômeno de ilha de frescor, sendo um no inverno sob domínio do Tempo Anticiclônico Polar Marítimo associado ao Anticiclone Polar Atlântico com trajetória marítima e outro no verão sob domínio do Tempo Depressionário Continental, associado ao domínio da Massa Tropical Continental. Ambas ilhas de frescor registradas foram de fraca magnitude. Já as formações das ilhas de calor estiveram restritas ao período do verão e ambas associadas aos domínios atmosféricos tropicais com a Massa Tropical Atlântica formando o Tempo Anticiclônico Tropical Marítimo e Massa Tropical Continental formando o Tempo Depressionário Continental. Nesse sentido, os sistemas atmosféricos envolvidos propiciam ilhas de frescor que podem ser explicadas, pois a cidade de Agudo possui poucas edificações conservando mais área rural e mata nativa. Entretanto as ilhas de calor estão relacionadas as massas tropicais continentalizadas que trazem mais calor do que as tropicais oceânicas.

Kegler; Wollmann; Duarte et. al. (2016), analisaram a distribuição espacial da temperatura do ar na área urbana de Erechim/RS, sob domínio polar em processo de tropicalização. Para os autores realizarem esta pesquisa climática necessitou a realização de trabalho de campo com execução da metodologia de transectos móveis. Confeccionaram um mapa de variação espacial da temperatura do ar registrada no ambiente urbano e utilizaram cartas sinóticas, imagens de satélite e dados da rede oficial de estações meteorológicas do INMET para identificação dos sistemas atmosféricos atuantes e comparações com os dados e sua magnitude.

Após análise climática e cartográfica foi observado que as variações térmicas nesta pesquisa primária ocorreram de forma significativa registrando-se diferenças de até 8°C entre os bairros e a amortização que áreas verdes exercessem neste ambiente com redução em até 50% das temperaturas mais elevadas registradas em Erechim. Ainda, para essa cidade, a orientação de vertentes e presença de corpos hídricos foram fundamentais para a diferenciação espacial da temperatura em comparação com as áreas industriais periféricas de baixa renda e centrais/comerciais.

Houet; Pigeon (2010) ressalta diante da preocupação da população com seu ambiente e com as mudanças climáticas, os urbanistas estão considerando o clima urbano em suas escolhas de planejamento. O uso de mapas climáticos, como a Zona de Clima Urbano (ZCU) é adaptado para este tipo de aplicação. O objetivo do trabalho

realizado pelos autores foi demonstrar que a classificação ZCU integrada nas diretrizes da Organização Meteorológica Mundial pode ser determinada automaticamente para as áreas de amostra e a segunda é significativa de acordo com as variáveis climáticas.

Os resultados mostram primeiro que a ZCU se diferencia de acordo com a temperatura do ar e da superfície. Foi possível determinar a associação de áreas de amostra a uma ZCU usando descritores de paisagem automaticamente computados com SIG e dados de sensoriamento remoto. Ele também enfatizou que o comportamento do clima e a magnitude da ZCU pode variar de inverno para verão. Discutiram a influência dos dados climáticos e da escala de observação no mapeamento ZCU e na caracterização do clima.

Para Zölch; Maderspachera; Wamslerb; et. al. (2016) a Infraestrutura Urbana Verde (IUV) tem sido cada vez mais promovida como uma medida chave para mitigar o estresse térmico nas cidades causado pelo efeito de ilha de calor urbano e os impactos das mudanças climáticas, incluindo variabilidade climática e seus extremos. No entanto, a informação comparável sobre o desempenho de diferentes tipos de IUV para moderar tais impactos estão basicamente em falta. Cria sérios desafios para os planejadores urbanos que precisam decidir sobre as medidas mais eficazes considerando as restrições espaciais e administrativas.

O plantio de árvores teve o maior impacto com uma redução média de 13% em relação à vegetação existente. As árvores sombreiam espaços abertos e fornecem resfriamento evapotranspirativo. Outra opção de adaptação valiosa são as fachadas verdes, que têm efeitos atenuantes de 5% a 10%. Em contrastey os efeitos dos telhados verdes foram insignificantes.

Os resultados indicaram que o aumento da participação da cobertura verde não correspondeu diretamente à magnitude da redução do TEF (Taxa de Expansão das Folhas). Colocar vegetação estrategicamente em áreas expostas ao calor é mais eficaz do que apenas visando uma alta porcentagem de cobertura verde. Zölch, Maderspachera; Wamslerb; et. al. (op. cit.) concluíram que a extensa análise comparativa fornece evidências práticas para apoiar a IUV na microescala e ajuda os planejadores a selecionar e priorizar efetivamente medidas concretas de adaptação às mudanças climáticas.

O estudo investigou como diferentes tipos e quantidades de IUV, isto é, árvores, telhados verdes e fachadas verdes afetam o conforto térmico da população de uma

zona urbana. O estudo foi aplicado em áreas residenciais de alta densidade sob condições climáticas atuais e futuras na cidade de Munique/Alemanha. As alterações climáticas aumentarão em média os valores da temperatura equivalente fisiológica (TEF) da tarde em 2,4 K, no entanto, isso poderia ser muito reduzido por diferentes cenários IUV.

Du; Wang; Wang, et. al. (2016), relatou que as ilhas de calor urbano (ICU) refletem do impacto localizado das atividades humanas nos campos térmicos. Nesse estudo os autores avaliaram a ICU superficial e sua relação com os tipos de uso de solo, condições meteorológicas, fontes de calor antropogênicas e áreas urbanas de Aglomeração Urbana do Delta do Rio Yangtze (AUDRY) com auxílio de dados de sensoriamento remoto, dados estatísticos e dados meteorológicos.

Os resultados mostraram que a intensidade de ICU em AUDRY foi a mais forte sendo 0,84 °C no verão seguida por 0,81 °C no outono, 0,78°C na primavera e 0,53°C no inverno. A intensidade diurna da ICU é de 0,98° C que é maior do que a intensidade ICU durante a noite de 0,50 ° C. Em seguida, analisaram a relação entre a intensidade da ICU e diversos fatores como condições meteorológicas, fontes de calor antrópicas e a área urbana. Os resultados indicaram que houve uma equiparação entre a densidade populacional e a intensidade da ICU.

O consumo de energia, a temperatura média e a área urbana tiveram uma correlação positiva significativa com a intensidade da ICU. No entanto a velocidade média do vento e a precipitação média foram significativamente negativamente correlacionadas com a intensidade da ICU. Esse estudo fornece uma visão sobre as características do clima regional e uma base científica para o layout da cidade.



## 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

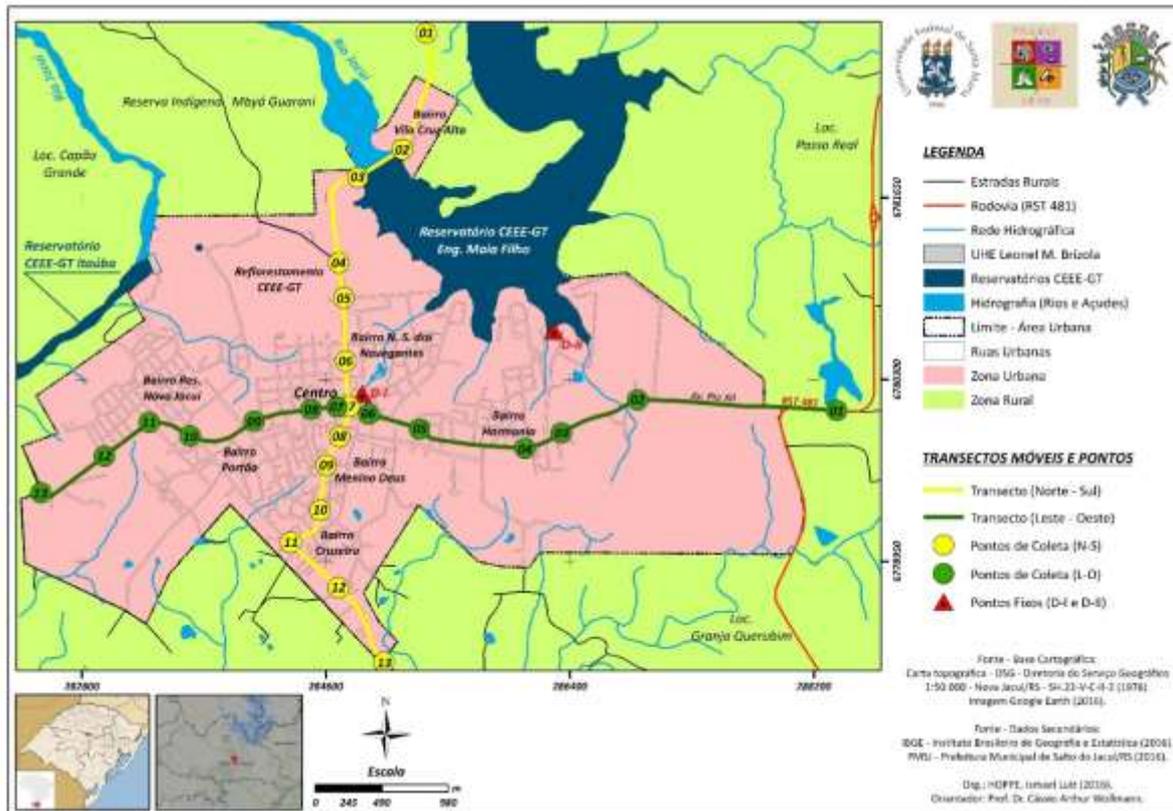
Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas pesquisas na literatura sobre o assunto seguido da coleta de dados no perímetro urbano do município do Salto do Jacuí. A escolha do tema surgiu devido ao fato de que há pouca ocorrência de trabalhos científicos especialmente no Rio Grande do Sul como verificado na revisão bibliográfica.

### 4.1 INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA A COLETA E OS TRANSECTOS MÓVEIS

Foram selecionados dois pontos fixos de amostragem para esta pesquisa. Estes pontos foram escolhidos para poder fazer uma análise do comportamento climático da área central da cidade ao longo do dia comparando com o ponto localizado em uma área menos urbanizada e às margens do lago e também para verificar as possíveis alterações de um corpo d'água no clima local.

O ponto 01 está localizado à  $29^{\circ}05'18''\text{S}$  de latitude e  $53^{\circ}12'37''\text{O}$  de longitude com altitude de 312 metros acima do nível do mar. Encontra-se na região central da cidade do Salto do Jacuí a uma distância de 1,5 km do ponto 02. O ponto 02 está localizado  $29^{\circ}05'03''\text{S}$  de latitude e  $53^{\circ}11'43''\text{O}$  de longitude a uma altitude de 284 metros acima do nível do mar. Encontra-se as margens do reservatório, conforme a Figura 26.

Figura 26 - Distribuição dos postos pluviométricos utilizados para a pesquisa e os transectos móveis.

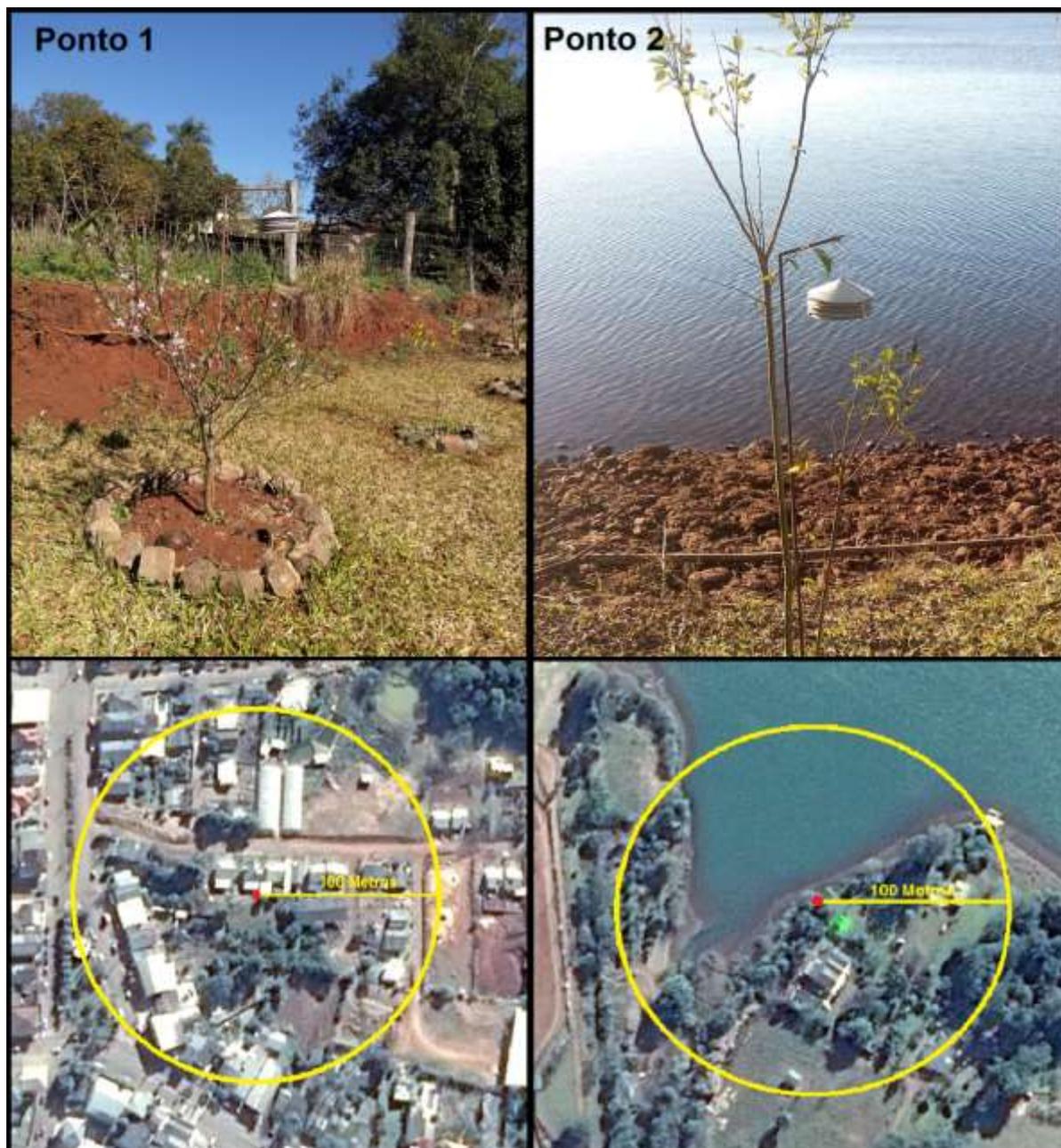


Organização: Autor.

Em um momento foram confeccionados os abrigos meteorológicos de baixo custo proposto por Armani; Galvani (2006) e Milanese; Galvani (2012), e testado por Hoppe, et. al. (2015). Este abrigo já vem sendo utilizado em outras pesquisas do Laboratório de Climatologia do curso de Geografia da Universidade Federal de Santa Maria, como em Wollmann, Simioni, Iensse (2015).

O abrigo meteorológico foi confeccionado com chapas de ferro galvanizado e suas dimensões são 11,5 cm de altura e 18 cm de diâmetro sendo pintado de cor branca. Dentro do abrigo foi colocado o *Datalogger* a 1,5 metros de altura do solo para fazer a coleta da temperatura e umidade do ar (Figura 27).

Figura 27 - Abrigos meteorológicos de baixo custo e uso do solo



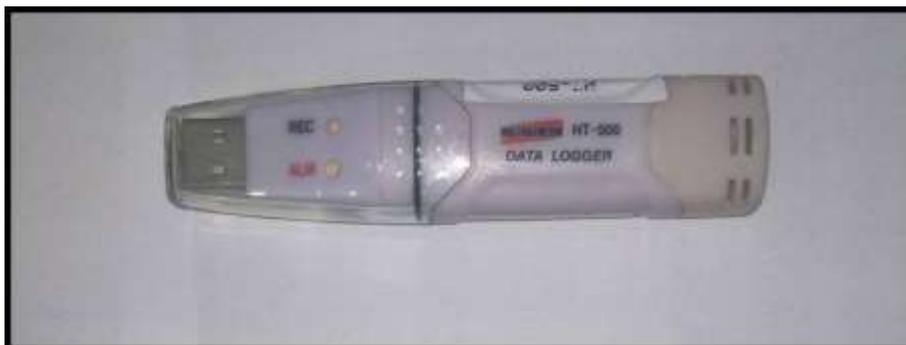
Fotografia: Hoppe, I. L., (2016).

Fonte: Google Earth

Os abrigos foram instalados sempre um dia antes da coleta pelos transectos e recolhidos um dia posterior à realização dos mesmos. Para esse trabalho foram usados os dados dos dias 28 de julho de 2016 e do dia 26 de agosto de 2016, esses meses representam a estação do inverno. Durante o período de verão os dados utilizados foram dos dias 12 de janeiro de 2016 e do dia 25 de fevereiro de 2017, totalizando 4 dias de coleta entre os anos de 2016 e 2017.

Para a aquisição dos dados foram usados dois termo-higrômetros com armazenamento digital, modelo HT 500 Instrutherm (Figura 27). Os Dataloggers foram configurados para efetuarem registros horários de temperatura relativa do ar e umidade relativa do ar, pois houve a necessidade desse volume de dados para melhor visualizar a influência destes elementos climáticos e suas variantes.

Figura 28 - Datalogger, modelo HT 500 Instrutherm



Organização: Autor.

Para a aquisição dos dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar na zona intra-urbano e arredores foi empregado a metodologia de transectos móveis (AMORIM, 2000, 2010) se baseia na obtenção simultânea dos dados climáticos ao longo de trajetos preestabelecidos dentro da malha urbana. Foram estabelecidos dois transectos que cruzaram a cidade do Salto do Jacuí nos sentidos Norte-Sul e no sentido Leste-Oeste conforme o mapa da Figura 26. As coletas destes dados sucederam em duas situações atmosféricas representativas dos meses de julho e agosto (inverno) e janeiro e fevereiro (verão), totalizando 4 coletas conforme propõe Sartori (2003). Portanto são definidos como meses representativos ao balanço de participação dos sistemas atmosféricos e a inclinação dos raios solares respeitando os solstícios.

Com relação à realização dos transectos saíram simultaneamente um carro em cada transecto, um veículo percorreu em sentido Norte-Sul e outro de Leste-Oeste, e cada percurso teve uma média de 5 km no qual foram percorridos em 45 minutos. A coleta nos transectos ocorreram nos horários das 06, 15 e 21 horas com condições de tempo estável, céu limpo e pouco vento (calmaria) e em horário de verão. As coletas nos transectos ocorreram 07, 16 e 22 horas, pois para as coletas meteorológicas não se adota o horário de verão e utiliza o tempo universal coordenado

(TMC) ou tempo médio de Greenwich (TMG) menos 3 horas, durante o ano inteiro (SILVA, 2009).

Os trajetos dos transectos foram predeterminados com a ajuda de trabalho de campo prévio e do *software Google Earth*, levando em consideração as altitudes, o nível de urbanização, o tamanho da cidade e o uso do solo. Assim foram estabelecidos 13 pontos de coleta nos sentidos Norte-Sul e 13 pontos de coleta no sentido Leste-Oeste, conforme representação da figura 26. Sendo realizadas as medições da umidade relativa do ar e temperatura instantânea do ar com a utilização do Termômetro eletrônico *MATSUTEK HTM120* (Figura 29) e em cada ponto foi efetuado uma parada de 3 a 4 minutos para registrar a temperatura do ar e a umidade do ar.

Figura 29 - Termômetro eletrônico MATSUTEK HTM120



Organização: Autor

## 4.2 DO MAPEAMENTO DO CLIMA URBANO EM PERÍODO VERNAL E INVERNAL

Para poder explicar as decorrências ambientais responsáveis pela geração do clima urbano do Salto do Jacuí, no estudo termodinâmico e seus subprodutos: campo térmico, ilhas de calor e de frescor foram elaborados mapas para compor a caracterização geográfica da área de estudo. Sendo eles:

- Mapa hipsométrico/altitude (Figura 05);
- Mapa de declividades (Figura 06);
- Mapa de orientação de vertentes (Figura 07);
- Mapa de uso e cobertura da terra;
- Dois perfis geourbanos do Salto do Jacuí que correspondem à área de abrangência dos transectos móveis (Figura 26).

As os mapas citados foram elaborados no *Software ArcGis 10*. A base cartográfica utilizada para a elaboração dos mapas decorreu a partir das cartas topográficas em escala 1:50.000 (Folha Nova Jacuí), encontrada no site Laboratório de Cartografia da UFSM (<http://coral.ufsm.br/cartografia/>).

Os perfis geourbanos da zona urbana por onde passaram os transectos foram elaborados com base nas cartas topográficas de Nova Jacuí (Folha SH 22-V-C-II-2) escala 1:50.000. Além disso, também foi realizado trabalhos de campo para levantamento das informações relacionadas à rugosidade urbana (elementos urbanos, naturais e humanos).

O mapa de uso da terra foi elaborado a partir da interpretação visual da imagem de satélite do *Google Earth*, dado que Salto do Jacuí por ser uma cidade de pequeno porte, o uso da terra em seu perímetro urbano é muito homogêneo e o espaço geográfico do entorno à área urbana é composto por áreas agrícolas (Soja, Canola, etc.), área de preservação (área indígena) e também pelo reservatório da represa Engenheiro Maia Filho.

Após a realização dos transectos móveis, coleta de dados dos abrigos meteorológicos de temperatura e umidade relativa do ar e das coordenadas UTM de cada ponto, em cada um dos quatros trabalhos de campo realizados, sendo dois na estação do inverno e os outros dois campos na estação de verão e nos horários pré-estabelecidos das 06, 15 e 21h e nos horários das 07,16 e 22h em horário de verão

que ocorreu no campo do mês de janeiro. Os dados primários foram tabulados em planilhas do *Microsoft Excel* 2013 após exportados para o Sistema de Informação Geográfica *Surfer* 8.0 para a elaboração de cartogramas do campo termo-higrométrico da zona urbana do Salto do Jacuí. O método de interpolação utilizado na elaboração dos cartogramas foi a *krigagem* ordinária do *Surfer*, conforme orienta Wollmann (2011) e Wollmann; Galvani (2014).

Foram elaborados ao final dos quatro trabalhos de campo um total de 24 mapas temáticos do sistema termodinâmico do Salto do Jacuí. Os mapas gerados foram tabulados dados em ambiente de SIG. No qual foi gerado um mapa de temperatura do ar para cada transecto realizado o mesmo ocorrerá para umidade do ar.

Para a elaboração dos cartogramas do campo termo-higrométrico da zona urbana do Salto do Jacuí ao longo dos transectos, foram usadas escalas de cores que variaram do verde claro para representar temperaturas mais baixas até o vermelho escuro para temperaturas mais elevadas e para representar a umidade, foram utilizados uma escala de cores que variaram do azul claro para representar as umidades mais baixas a tons de azul mais forte para representar as umidades mais altas registradas.

Os mapas espacializaram os dados térmicos e higrométricos dos transectos na área de estudo e das medições de dois pontos de coletas e ao final, estabeleceram a relação destas com a presença de elementos geourbanos da área em estudo.

#### 4.3 DA ANÁLISE DAS CARTAS SINÓTICAS

Para realizar a análise sinótica dos dias que ocorreram os trabalhos de campo e definir os sistemas atmosféricos atuantes, foram coletados dados diários dos elementos climáticos especialmente de temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e direção do vento da Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática do INMET que está a uma distância de 50 km da área de estudo e é a estação oficial mais próxima (Figura 30).

Figura 30 – Mapa de Localização aproximada da Estação Meteorológica INMET/Ibirubá e distância da área de estudo – Salto do Jacuí/RS.



Fonte: Google Earth

Para determinar o tipo de tempo, os sistemas atmosféricos dominantes e a circulação atmosférica regional nos dias de coleta dos dados foram coletadas e utilizadas imagens de satélite GOES-13 disponíveis nas páginas do CPTEC/INPE ([www.cptec.inpe.br](http://www.cptec.inpe.br)) e cartas sinóticas de superfície, disponível na Marinha do Brasil ([www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas](http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas)).

#### 4.4 DA ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA DO SALTO DO JACUÍ

Para avaliar e mapear a qualidade ambiental da zona urbana de Salto do Jacuí/RS foi utilizado uma adaptação da metodologia desenvolvida por Nucci (1998) quando estudou a qualidade ambiental e o adensamento urbano no distrito de Santa Cecília, localizado no município de São Paulo.

Com esse estudo foram escolhidos atributos negativos para determinar a qualidade ambiental sendo eles os seguintes: déficit de espaços livres, cobertura vegetal (desertos florísticos), verticalização, usos poluidores, densidade populacional, áreas de alagamentos e usos do solo ou da terra.

De acordo com Nucci (1998) a soma dos atributos negativos indicará as seguintes classes de qualidade ambiental para a zona urbana do Salto do Jacuí:

- Presença de 3 a 4 atributos - baixa qualidade ambiental;
- Presença de 1 a 2 atributos – média qualidade ambiental;
- Ausência de atributos negativos – alta qualidade ambiental.

O mapeamento dos atributos negativos e posterior realização de álgebra de mapas com o intuito de se realizar a construção do mapa final que apresenta a qualidade ambiental, conforme orienta o autor foram realizados no *software* de Geoprocessamento *ArcGis10*. Esta metodologia propõe a construção de cartas de qualidade ambiental urbana baseado no levantamento e representação cartográfica de atributos negativos (NUCCI, et. al, 2005).

Com base na imagem de satélite do *Software Google Earth* do Salto do Jacuí, a imagem foi georreferenciada no *ArcGis* sendo mapeados e quantificados os espaços livres e a cobertura vegetal (desertos florísticos). Para a elaboração da carta de déficit de espaços livres, foi utilizado o índice de 5 m<sup>2</sup> de espaços livres para uso de cada habitante como o valor menos restritivo de acordo com o valor encontrado por NUCCI (2008).

Segundo NUCCI (1998) para a elaboração da carta de “desertos florísticos” a qual foi levado em consideração Oke (1973) que segundo o mesmo considera um índice na faixa de 30% como recomendável para um favorável balanço térmico em áreas urbanas sendo que áreas com índice de cobertura vegetal inferior a 5% determinaria características próximas à realidade de um deserto.

Em trabalhos de campo juntamente com imagens de satélite foram levantados usos consideráveis, possivelmente poluidores, considerando-se apenas o que pode ser observado da calçada para a elaboração da carta de usos poluidores. Sendo eles: oficinas mecânicas, postos de combustíveis estacionamentos, revendas de automóveis, depósitos, transportadoras entre outras.

Para mapear os pontos de alagamentos foram utilizados como base a carta topográfica de Nova Jacuí com o mapa de uso da terra e consultas com moradores locais da cidade do Salto do Jacuí, a fim de identificar os pontos de alagamento.

Os dados coletados foram organizados nas seguintes cartas temáticas: déficit de espaços livres, cobertura vegetal (desertos florísticos), verticalização, usos potencialmente poluidores, pontos de alagamentos e usos do solo ou da terra. A representação e integração de tais atributos foram elaboradas no *softwareArcGis10*

gerando a carta de qualidade ambiental através da ferramenta *Intersect* definida pelo cruzamento das cartas dos atributos negativos. As cartas de cada um desses atributos indicaram os locais onde se espera que haja problemas em relação à qualidade ambiental.

## **5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

### **5.1 ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA DE SALTO DO JACUÍ**

A análise do mapeamento da qualidade ambiental urbana de Salto do Jacuí – RS foram elaboradas com base na adaptação da metodologia proposta por Nucci (1998).

Na análise dos resultados do mapeamento da qualidade ambiental urbana de Salto do Jacuí foi observado que o uso e ocupação da terra na área urbana é composta por uma área mista. Sendo porção da área urbana composta por lavouras em maior proporção do leste a sul da área residencial e uma pequena parte do oeste ao norte. A vegetação está presente em pequenos fragmentos na área urbana.

Na parte nordeste a norte está presente a silvicultura, ou seja, reflorestamento feito pela empresa CEEE. Na parte norte da área urbana do município encontra-se o reservatório Engenheiro Maia Filho. A sudoeste da área urbana está a área de mineração.

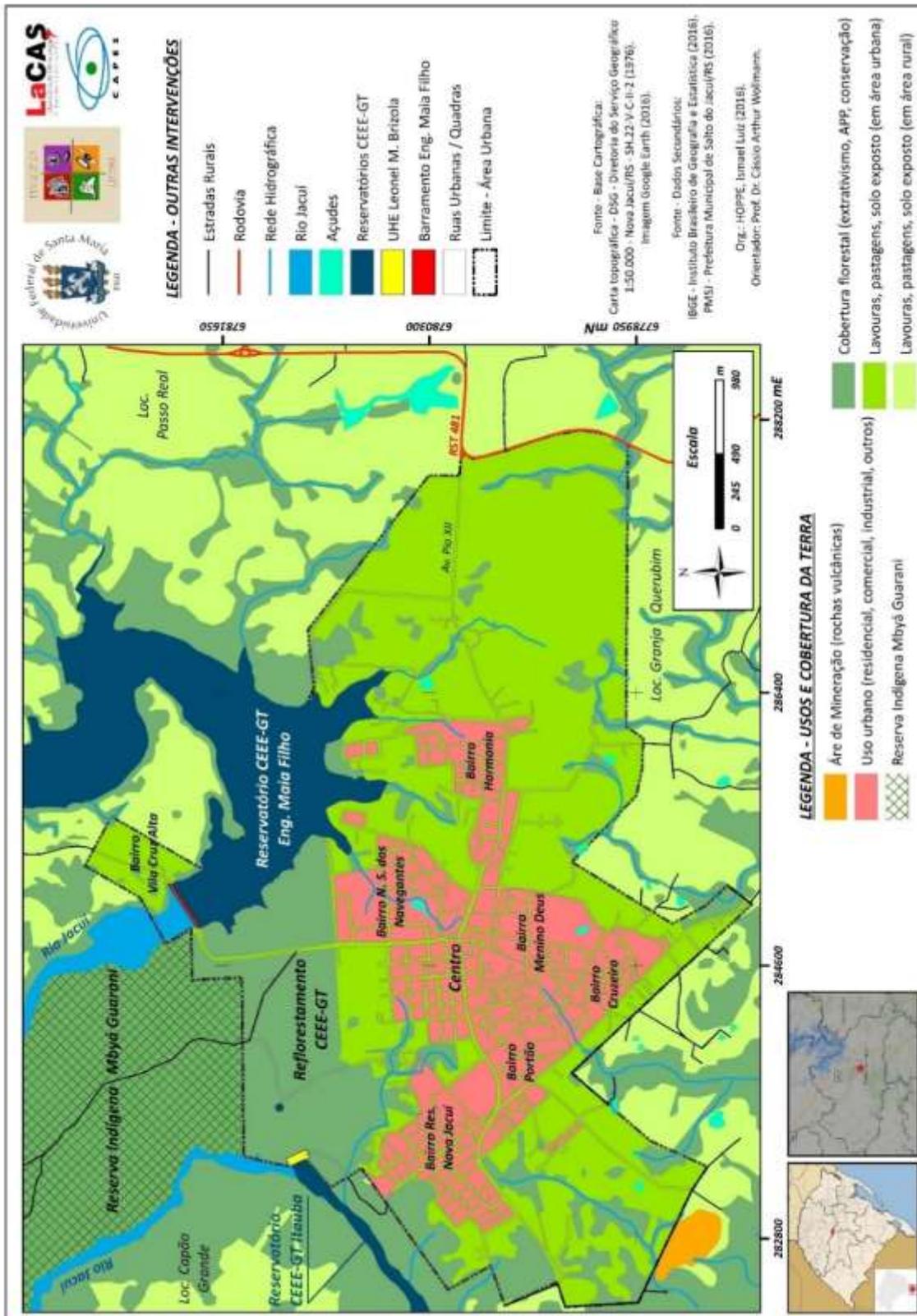
No bairro centro a presença de uso misto da área sendo composta por comércio, bancos, escolas, restaurantes, residências, entre outros, sendo que o comércio predomina nessa área da cidade.

O bairro Harmonia é composto por pequenas indústrias de grãos com maior concentração de oficinas mecânicas, postos de combustíveis, com o principal acesso à cidade sendo o único acesso com presença de pavimentação asfáltica.

Os bairros Residencial Nova Jacuí (CEEE) e Nossa Senhora dos Navegantes são bairros residenciais. Os quais não há presença de comércio em geral sendo bairros pré-estruturados em comparação aos demais é composto pela população de classe média e alta.

Os bairros Portão, Menino Deus e Cruzeiro são compostos pela maior parte da população e apresentam pequenos comércios (minimercados, oficinas mecânicas, entre outros) onde predomina a população de classe baixa. Na figura 31 é possível observar o uso e ocupação da terra.

Figura 31 - Mapa de usos e ocupação da terra da área urbana de Salto do Jacuí – RS e seu entorno próximo



Org.: O autor

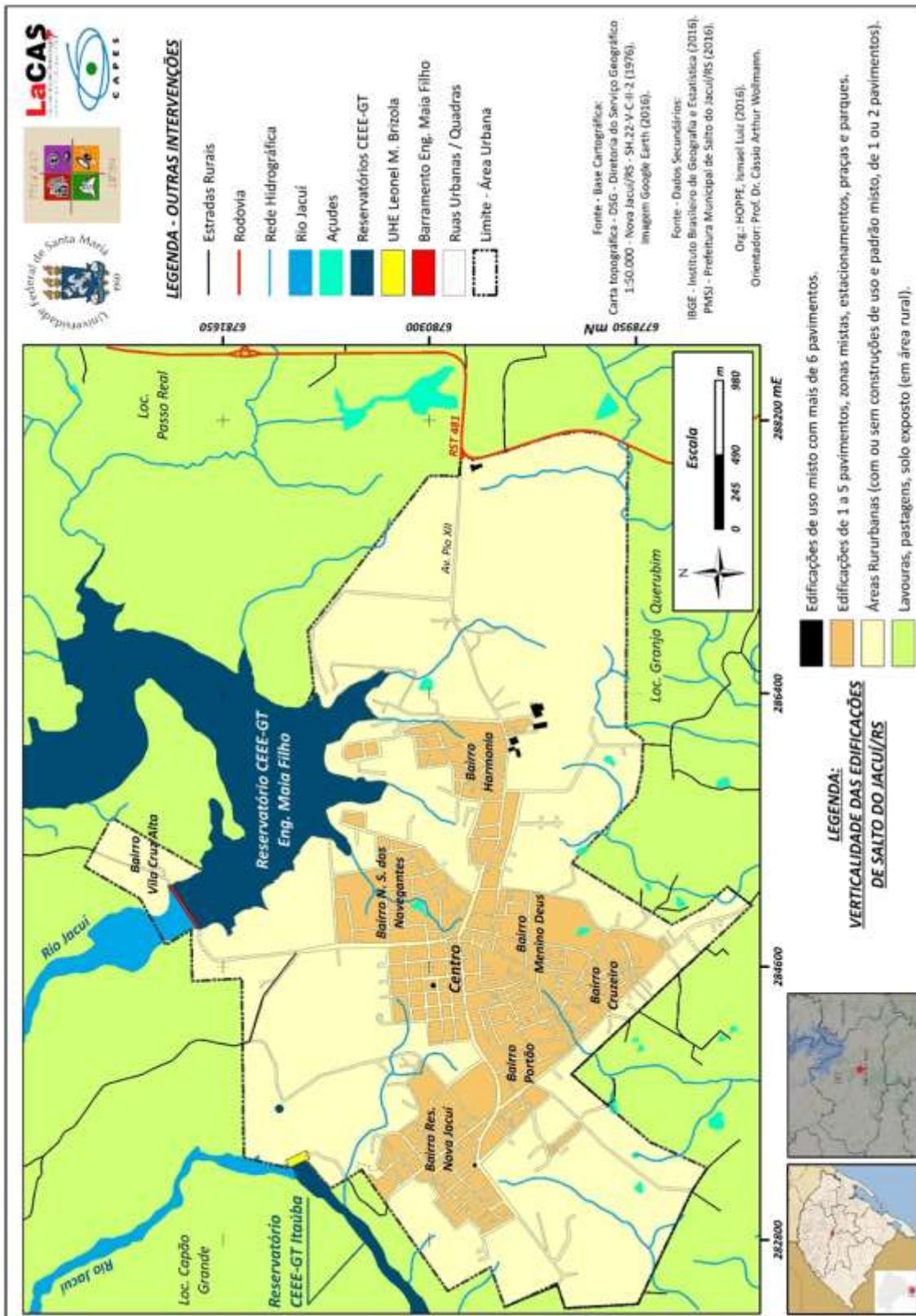
Nucci (2008) destaca que os impactos no ambiente originados pela verticalização vão de aspectos facilmente identificados como impermeabilização parcial ou total do solo, aumento da densidade demográfica, diminuição do espaço livre, diminuição da insolação, aumento do volume construído até as consequências mais complicadas de serem estudadas como a alteração na dinâmica dos ventos e criação de microclimas alterando o conforto térmico da população.

Como consequência desses primeiros impactos aparecem: uma sobrecarga da rede viária, de esgoto, de água, de eletricidade, coleta e deposição de lixo, etc. Ocorre também um aumento do escoamento das águas de esgotamento e pluviais (NUCCI, 2008).

Nos espaços livres remanescentes é comum a aglomeração de pessoas. Nestas áreas formam-se pequenas ilhas de calor, podendo ocasionar em uma grande ilha de calor alterando assim o mesoclima urbano e ocasionando desconforto térmico.

No Salto do Jacuí há ausência de prédios residenciais acima de 5 andares. A cidade é composta em sua maioria por casas de um a dois pavimentos. As edificações com maior verticalização são caixas d'água e silos de grãos localizados no bairro Harmonia como pode ser visualizado na Figura 32.

Figura 32 - Mapa de verticalidade das edificações da área urbana de Salto do Jacuí – RS



Org.: O autor.

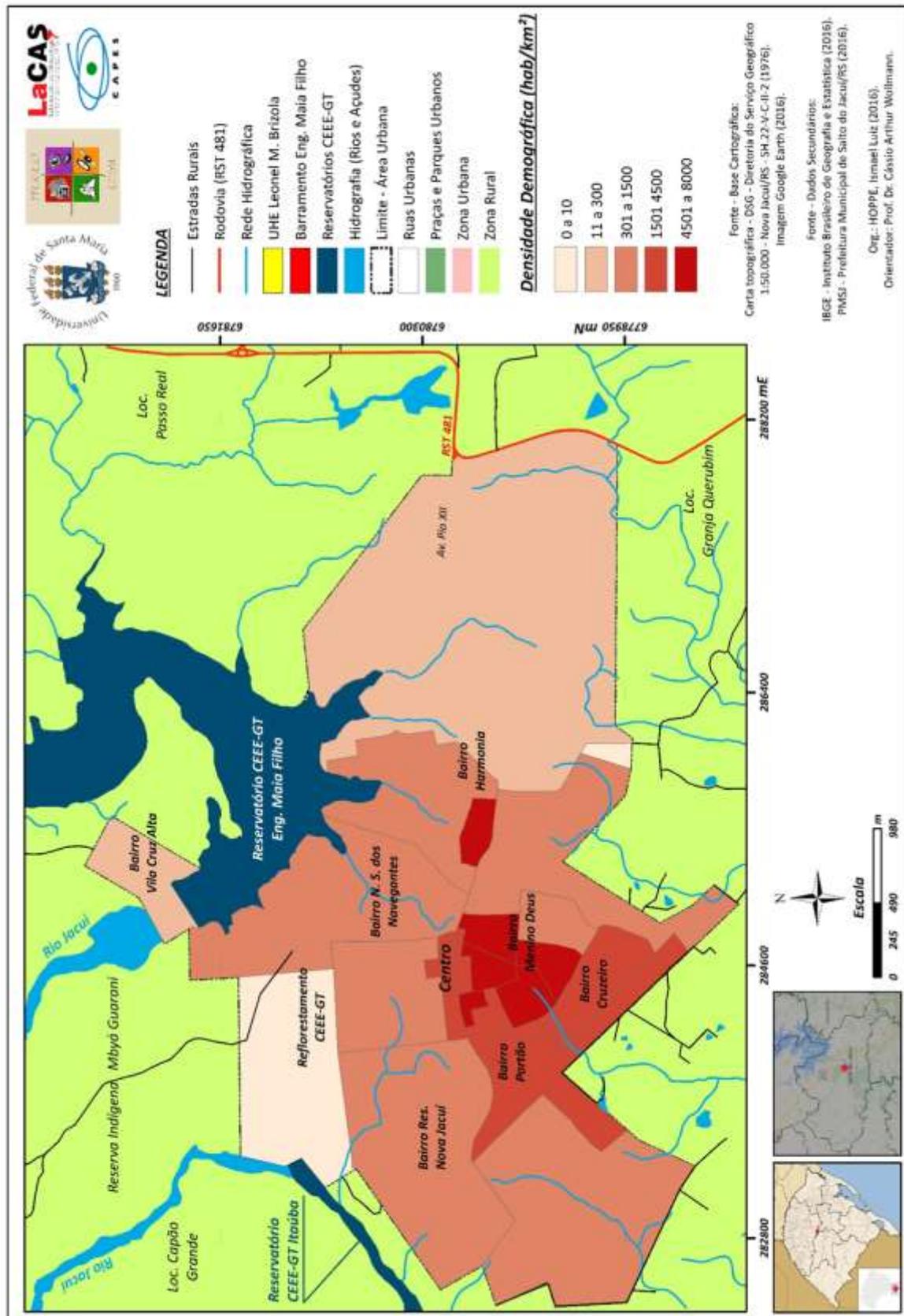
A densidade populacional ou demográfica é outro aspecto negativo que interfere na qualidade ambiental das cidades diminuindo a qualidade ou alterando-a.

Constantemente a alta densidade está relacionada com as condições econômicas da população falta ou ineficaz planejamento e infraestrutura urbana. A concentração de habitantes em uma determinada área pode influir direta ou indiretamente na pressão exercida sobre o ambiente considerando seus aspectos físicos e podem estar relacionadas também com áreas de ocupação irregular e ilegal da cidade, Lima (2013).

Como pode ser visto na figura 33 da densidade populacional no Salto do Jacuí, nota-se que as maiores densidades se concentram nos setores censitários pertencentes aos bairros Harmonia e Menino Deus. Os bairros Portão e Cruzeiro e uma pequena parte do bairro Centro possuem uma densidade populacional menor quando comparados aos bairros anteriores citados.

Já os bairros Nova Jacuí e Nossa Senhora dos Navegantes possuem uma menor densidade em comparação com os anteriores e o bairro Vila da Cruz Alta tem a menor densidade de toda a cidade em estudo.

Figura 33 - Mapa de densidade populacional da área urbana de Salto do Jacuí – RS



Org.: O autor

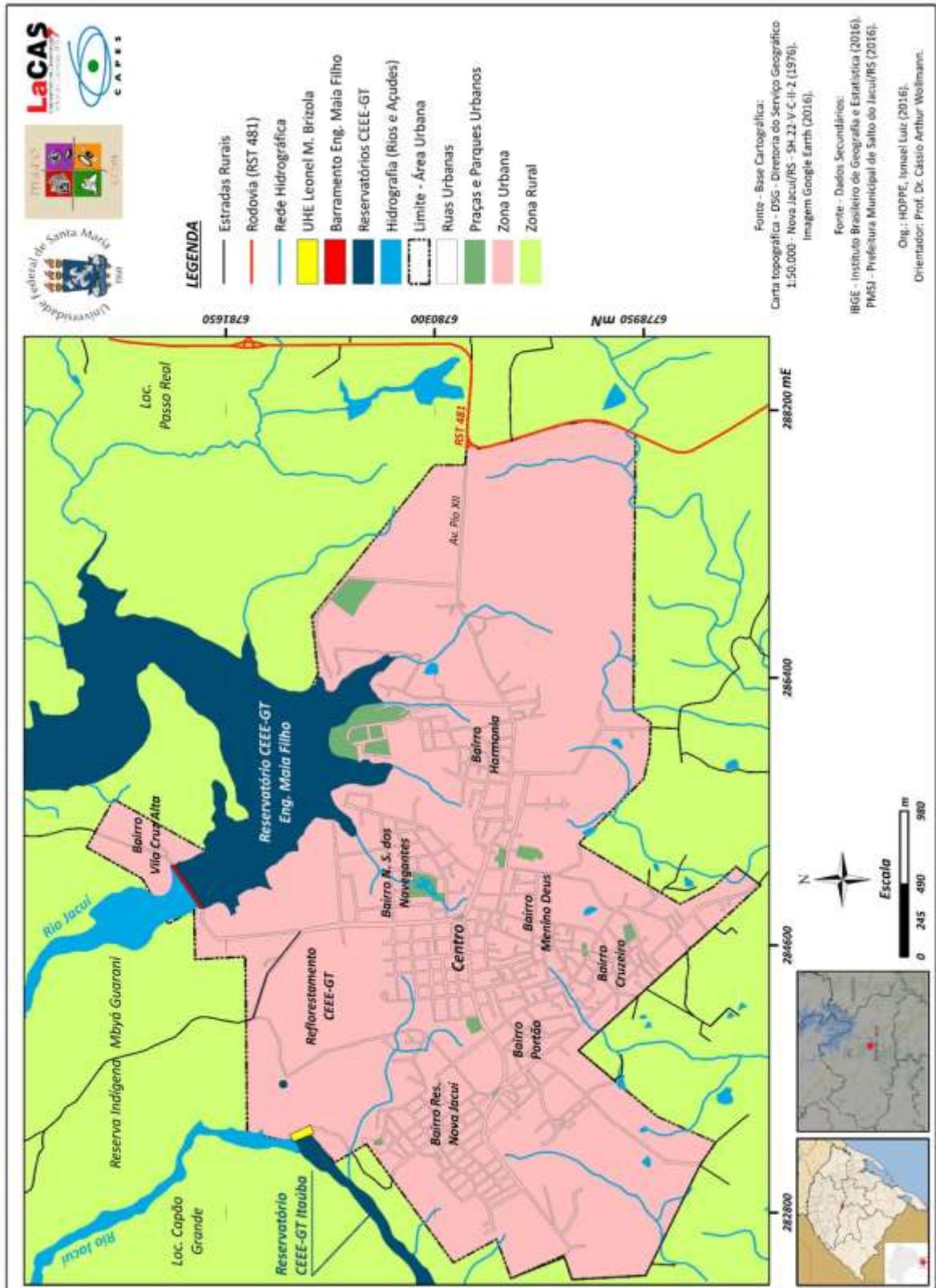
Sendo considerados espaços livres, os espaços urbanos ao ar livre destinados a usos como caminhadas, descanso, passeio, prática de esportes, recreação e entretenimento e horas de ócio, podendo ser privados ou públicos, mas potencialmente coletivos (CAVALHEIRO, et. al., 1999).

Para Minaki e Amorim (2012), a presença dessas áreas, além de contribuir para a melhoria da paisagem, pode amenizar o clima urbano, favorecendo a qualidade ambiental urbana.

Conforme o critério adotado por Nucci (1998), são necessários 5 m<sup>2</sup> de espaços livres públicos por habitante. A área urbana de Salto do Jacuí/RS conta com aproximadamente 140.000m<sup>2</sup>, entre parques, praças, monumentos e balneários públicos.

A população da área urbana de Salto do Jacuí conta com cerca de 11.200 habitantes. Nesse sentido, há uma relação de 12,5 metros quadrados de espaços públicos para cada habitante em Salto do Jacuí, número duas vezes e meia maior do que o mínimo estabelecido pelo autor. Assim, Salto do Jacuí/RS não possui déficit de espaços públicos livres, distribuídos pela área urbana conforme mostra o mapa da figura 34.

Figura 34 - Mapa de déficit de espaços livres públicos da área urbana de Salto do Jacuí – RS



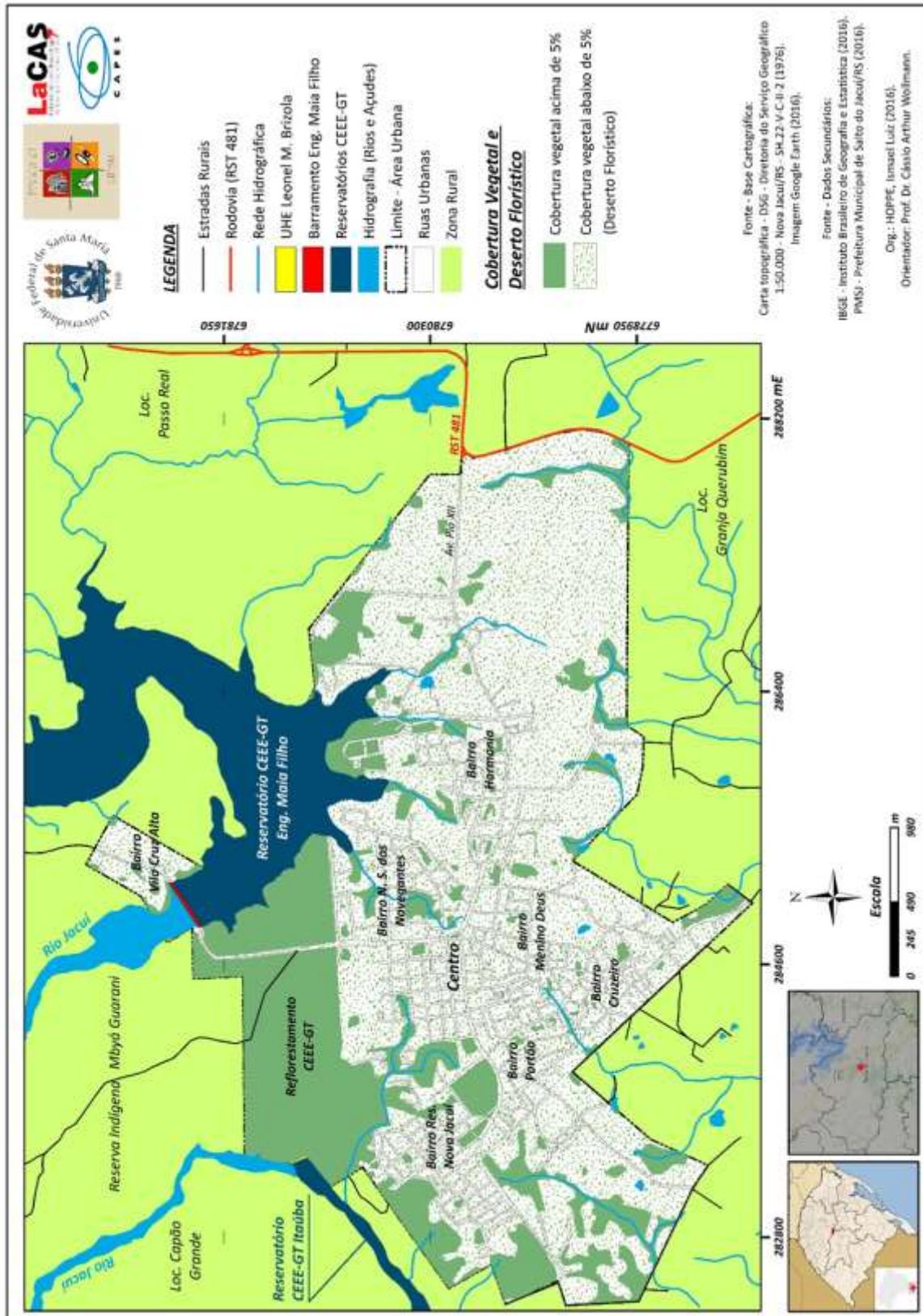
Org: Os autores

A presença de vegetação no espaço urbano, seja por meio natural ou por implantada assume uma importante influência para o ambiente e para a qualidade de vida da população, seja ela pela melhoria da paisagem aumentando o conforto térmico e amenizando o clima urbano. Além do mais a vegetação cumpre um papel na estética, visual, ecológica e de lazer muito importantes para a vida social da cidade.

Em lugares com baixa quantidade de vegetação, isto é, inferior a 5% ou sua ausência a qualidade ambiental é bem inferior da desejável. Entretanto não se pode concluir que em áreas com mais de 5% de cobertura vegetal a qualidade ambiental é aceitável. Nestes casos devem-se considerar conjuntamente todas as outras possíveis variáveis Nucci (2008).

Em relação ao atributo deserto florístico (Figura 35), nota-se que grande parte da zona urbana de Salto do Jacuí possui cobertura vegetal abaixo de 5% e que se caracterizam como um deserto florístico se localizam nos bairros Centro, Harmonia, Menino Deus, Cruzeiro, Vila Cruz Alta e Portão sendo que a área com cobertura vegetal acima de 5% encontra-se nos bairros Nova Jacuí e Navegantes.

Figura 35 - Mapa de cobertura vegetal e deserto florístico da área urbana de Salto do Jacuí



Org.: O autor

De acordo com Pompêo (2000) as “enchentes” são fenômenos naturais que são originados por chuvas de elevada magnitude podendo ser provocadas pelo transbordamento de cursos d’água resultantes da urbanização e de mudanças nos ciclos hidrológicos nas cidades.

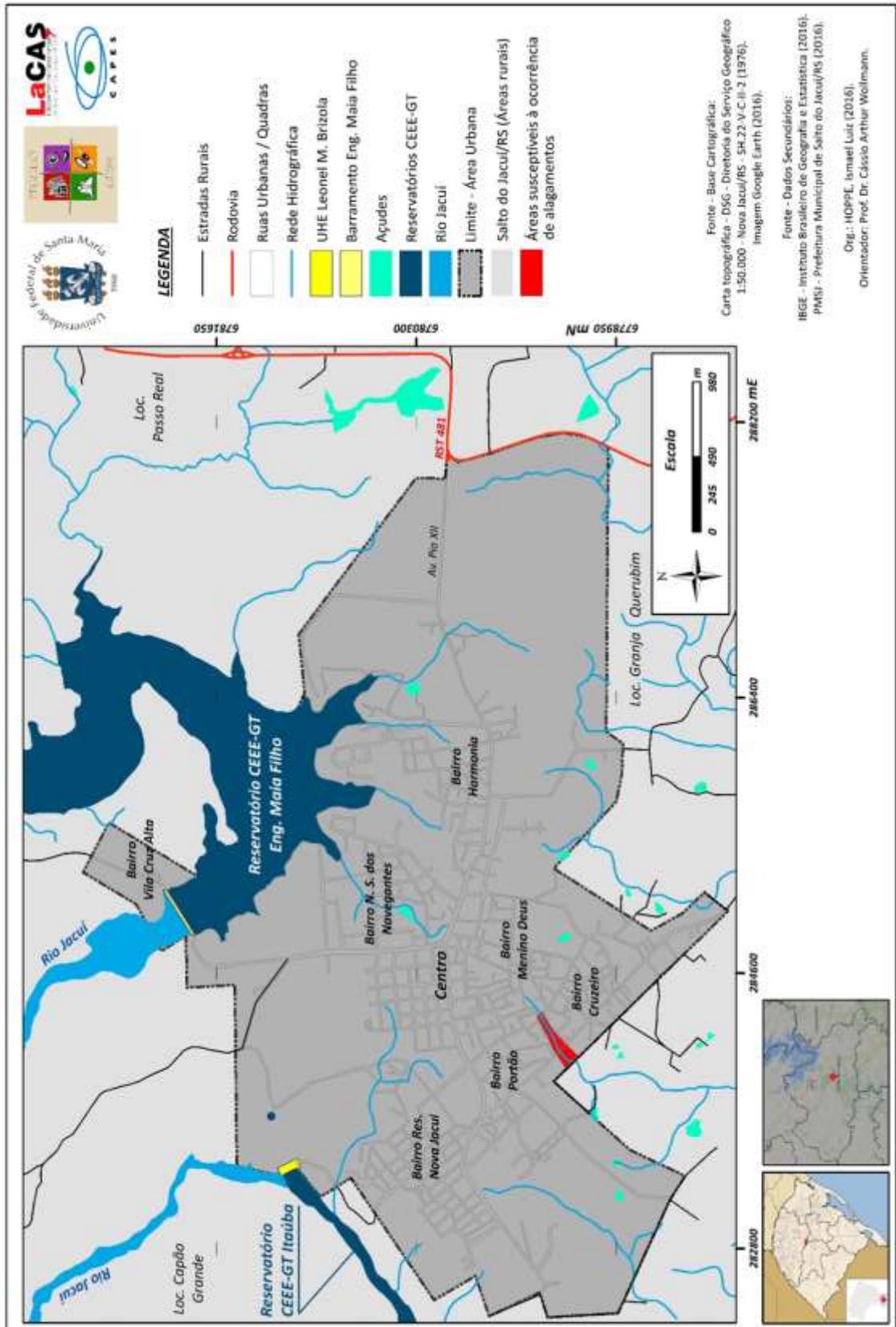
As principais causas dos alagamentos estão correlacionadas com a impermeabilização parcial ou total da cidade que causa uma diminuição da infiltração da água no solo e um aumento do escoamento superficial. Isso associado a canalização de córregos naturais fazem com que a água da chuva que cai sobre a cidade flua com maior rapidez para os principais corpos de água que não conseguem dar vazão ao grande volume. A capacidade de vazão do rio é também diminuída pelo assoreamento ocasionado pelo constante remanejamento de terras devido ao crescimento desenfreado e desorganizado da cidade (NUCCI, 2008).

Segundo Minaki e Amorim (op.cit.) um subsistema do sistema urbano chamado ciclo hidrológico é mais um integrante que atua no desequilíbrio da qualidade ambiental. Como exemplo tem-se o aumento da vazão devido ao escoamento canalizado e a diminuição da evapotranspiração tornando-se comum na cidade. Este indicador quando não abordado corretamente pelo planejamento urbano pode se tornar muito dispendioso não só em termos financeiros.

Nas cidades cujo planejamento da drenagem urbana é ausente ou mal aplicados tornam-se comuns problemas como as inundações e alagamentos entre outros. Isso se torna um agravante pelo fato de que a população de classe baixa sofre as consequências mais severas por causa do mau ordenamento do solo urbano causando transtornos dos mais variados em toda a cidade reduzindo com isso a qualidade de vida e ambiental das áreas afetadas (Minaki; Amorim, 2012, p. 238).

Em relação ao atributo negativo “enchentes” ou áreas susceptíveis aos alagamentos na zona urbana de Salto do Jacuí (Figura 36) nota-se que é entre os bairros Portão e Cruzeiro sendo os únicos lugares susceptíveis a “enchentes” na cidade. Se encontrando desprovido de mata auxiliar e assoreamento.

Figura 36 - Mapa de pontos enchentes da área urbana de Salto do Jacuí – RS



Org.: O autor

Em relação ao atributo de poluição ou fontes poluidoras foram feitas análises qualitativas do fluxo de veículos nas principais vias de circulação do Salto do Jacuí-RS. Mapeou-se os usos poluidores relacionados a postos de gasolina, oficinas mecânicas, agroindústrias, locais de mineração, estacionamento de carros e caminhões, rodoviária e serviços públicos com grande circulação de pessoas em busca dos mesmos.

A poluição sonora e do ar estão diretamente ligadas a redução da qualidade de vida das cidades. O tráfego de automóveis pelas cidades são os maiores fatores de poluição fazendo com que a cidade perca qualidade de vida, não tendo dúvida que são a principal fonte de poluição atmosférica e sonora.

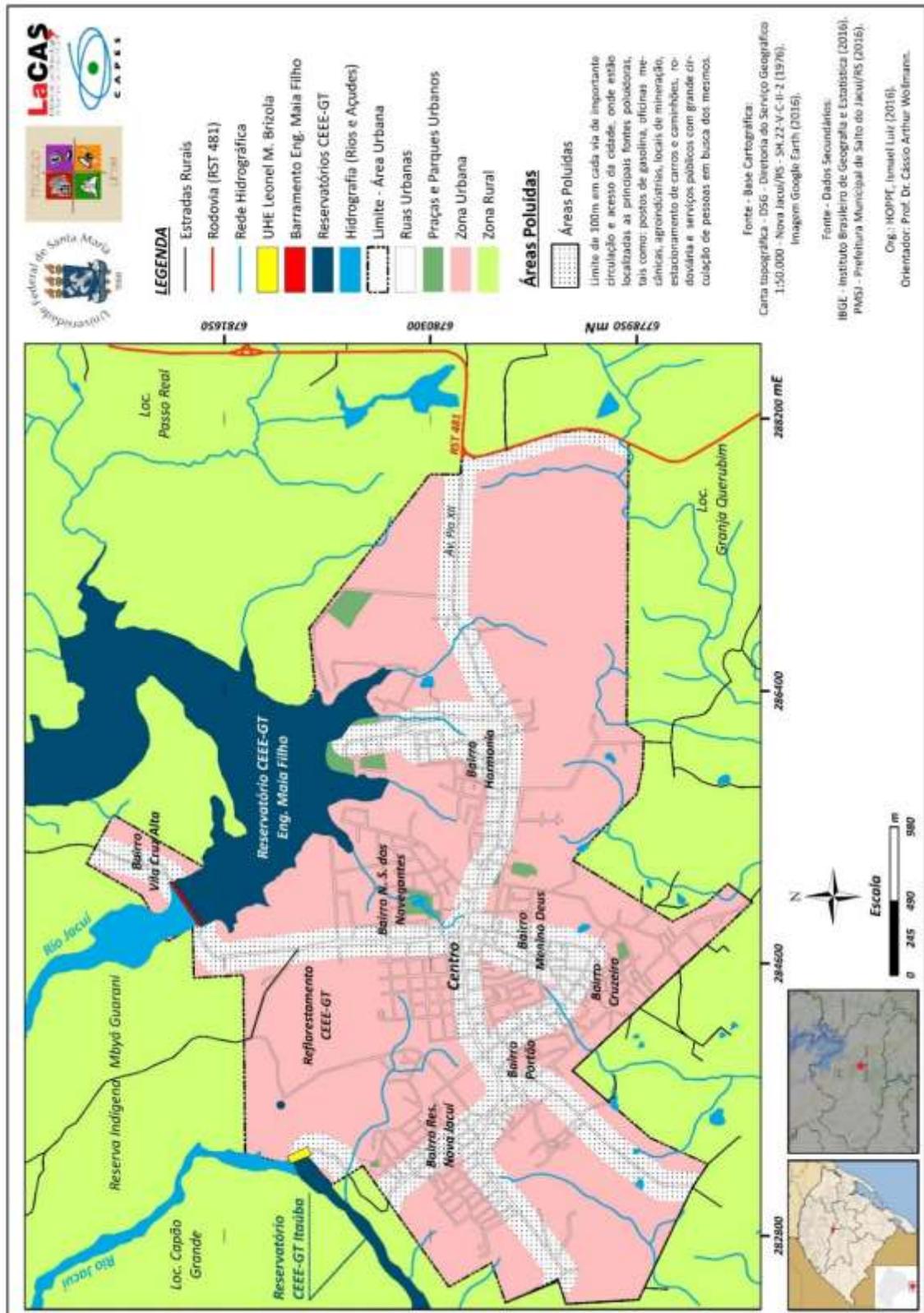
Com o aumento de carros em circulação, além de piorar o trânsito com engarrafamentos fazem com que a quantidade de poluentes na atmosfera aumente além do aumento do estresse, aumento no número de atropelamentos, entre outros. (NUCCI, 1998).

Nucci (op.cit) também destaca que não precisa de muito esforço para a comprovação que as serralherias, mecânicas, funilarias e postos de gasolina são fontes poluidoras. Mecânicas, funilarias e postos de gasolina trabalham diretamente com automóveis, motos, ônibus e caminhões e conseqüentemente o afluxo de veículos para e nesses locais é muito alto. Deste modo essas áreas sofrem com a poluição atmosférica e sonora originada desses veículos.

Além do que o próprio funcionamento desses estabelecimentos gera poluição, que não ficam restritos aos seus interiores fazendo uso das calçadas para seus serviços como nota-se em muitas oficinas e postos de gasolina pelas áreas das cidades. As serralherias apresentam como principal incômodo a geração de ruídos, mas ocorre também um aumento do movimento de veículos em seu entorno e a utilização das calçadas para os serviços.

Analisando o mapa da poluição da área urbana do Salto do Jacuí (figura 37), verifica-se que as áreas mais poluídas são os acessos a área urbana, o centro da cidade, as principais vias de circulação que ligam os bairros ao centro e o acesso as áreas de mineração.

Figura 37 - Mapa das fontes poluição da área urbana de Salto do Jacuí – RS



Org.: Os autores

Analisando o mapa da qualidade ambiental (figura 38) nota-se que a área urbana do Salto do Jacuí tem algumas áreas com ausência de atributos negativos. Essas áreas tornam-se áreas com uma alta qualidade ambiental. Pode-se encontrá-las no reflorestamento da CEEE e em rururbano de Salto do Jacuí, pois essas áreas contêm um número menor ou nulo de habitantes, não contendo estradas pavimentadas, zonas comerciais, zonas com verticalização, pontos de alagamentos e áreas poluidoras.

Conforme o afastamento da área central dos bairros em direção à periferia dos mesmos começa a surgir presença de áreas verdes e áreas de lazer. Com isso, ocorre a diminuição dos atributos negativos como adensamento populacional, poluição e um aumentando da cobertura vegetal e da qualidade ambiental.

A maior parte da área urbana de Salto do Jacuí apresenta de 1 a 2 atributos negativos os quais apresentam uma média qualidade ambiental.

A região central da cidade juntamente com uma faixa do bairro Menino Deus, Portão, Nossa Senhora dos Navegantes, Cruzeiro, Residencial Nova Jacuí, e Harmonia há presença de 3 a 4 atributos negativos. Sendo a parte central dos mesmos que são áreas de média qualidade ambiental.

Além da influência de atributos negativos apresentam as agroindústrias, produzindo impactos socioambientais, emissão de poluentes, poluição sonora, maior adensamento e fluxo de veículos, população e uma maior presença de desertos florísticos.

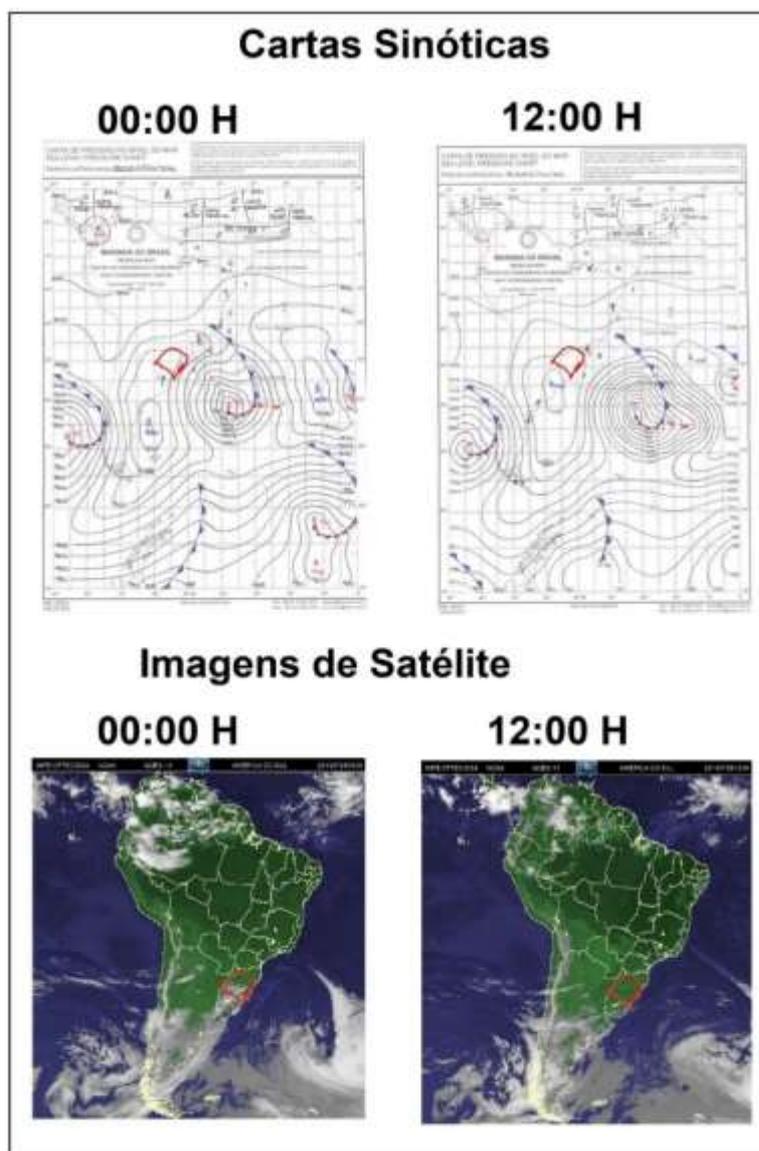


## 5.2 CAMPO DO DIA 28 DE JULHO DE 2016

### 5.2.1 Identificação dos sistemas atmosféricos

Após a coleta dos dados da estação meteorológica de Ibirubá e em campo iniciou a interpretação dos mesmos associados às cartas sinóticas e imagens de satélite GOES-13 colorida para identificação dos sistemas atmosféricos e tipos de tempo propostos por Sartori (1981). Tais documentos da primeira data, 28/07/2016 puderam ser analisados por meio da Figura 39.

Imagem 39 - cartas sinóticas e imagens de satélites das 12h e das 00h do dia 28 de julho de 2016.



Org.: Os autores.

Os dados climáticos registrados na Estação Meteorológica de Ibirubá, mostram que as temperaturas variaram de 3,2 °C à 14,7 °C ao longo do dia. A umidade relativa do ar registrada variou de 62% a 100% neste dia, a pressão atmosférica manteve-se abaixo de 1013mb durante o dia todo e ventos com variação de 2,5 m/s.

Pode-se observar na figura 39 que o Estado do Rio Grande do Sul está sob domínio da Massa Polar Atlântica (mPa) com centro de pressão de 1030hPa sobre o Oceano Atlântico na latitude do Estuário do Prata (Buenos Aires-Argentina) e Uruguai.

Este sistema atmosférico extratropical tem origem no Anticiclone Migratório Polar que são resultado do acúmulo de ar polar das baixas pressões polares e se deslocam em direção às altas subtropicais (MONTEIRO, 1976). Este tipo de domínio atmosférico prevê entre outros tipos de tempo a participação do tipo de “Tempo Anticiclônico Polar Marítimo”, que segundo Sartori (2003, p. 32).

...está relacionado ao domínio na região da MPA típica (marítima) com o centro do APA sobre o oceano, mas próximo ao continente, na latitude do Estuário do Prata e Uruguai. Caracteriza-se por declínio de temperatura, ventos de leste (E), sul (S) e sudeste (SE) leves a fracos, pressão atmosférica em alta, mas com valores absolutos inferiores ao tipo anterior, umidade relativa média em torno de 70% e céu limpo, que favorece a insolação diária e o balanço positivo de radiação, provocando temperaturas máximas em geral acima de 20°C, grande amplitude térmica e, à noite, intenso balanço negativo de radiação. Dependendo da temperatura da massa de ar e da época do ano, pode ocorrer geada, orvalho e/ou nevoeiro.

Nesse sentido os dados coletados em campo e na estação meteorológica de Ibirubá registraram temperatura entre 2,6°C e 21,1°C (e amplitude de aproximadamente 18,5°C). A umidade relativa do ar acima de 70% e pressão atmosférica em elevação são as características comuns do tempo em relação à dinâmica atmosférica pertinente no dia 28 de julho de 2016.

### **5.2.2 Análise dos Transectos móveis**

No dia 28 de julho de 2016 realizou-se o primeiro trabalho de campo desta pesquisa. No qual baseou-se na coleta dos dados de temperatura e da umidade relativa do ar por meio dos transectos móveis que cruzam a área urbana de Salto do Jacuí de norte a sul sendo realizados nos horários das 06h, 15h e 21h.

Neste dia apresentou condições favoráveis de tempo para as medições. O vento apresentou-se com calma. O céu apresentou-se de forma limpa com algumas nuvens Cirrus ao norte com presença de geada e nevoeiros em alguns pontos dos transectos.



Analisando os perfis de temperatura dos transectos das 06h (Figura 40) nota-se que há um nítido resfriamento das porções norte e leste. Isso ocorre em função do balanço negativo de radiação que faz com que a temperatura diminua até antes do nascer do sol quando se registra a mínima do dia. Logo, os pontos menos aquecidos serão aqueles situados no norte e leste.

Já as maiores temperaturas foram registradas ao longo dos pontos situados no bairro Centro e no perfil leste-oeste. As menores temperaturas encontram-se no perfil norte sul e nas áreas com vertentes voltadas para o leste e nas áreas mais baixas.

A maior temperatura foi registrada no ponto 21, registrando 4 °C, situado no bairro Centro. A menor temperatura do ar registrada foi de -1 °C nos pontos 02 e 03 (reservatório), 05 e 06 (Bairro Navegantes) e 10 (Bairro Cruzeiro) sendo esses bairros áreas residenciais com maior presença de áreas verdes.

A umidade relativa do ar para o horário das 06h (Figura 40) apresenta o inverso da temperatura registrando os maiores valores no transecto norte-sul. Por ser uma área com maior presença de vegetação, do lago artificial da represa Engenheiro Maia Filho e presença de campo, gramíneas e em quanto os valores mais baixos foram encontrados no transecto leste-oeste que apresenta a maior urbanização e áreas com menos cobertura vegetal.

Já no período da tarde, na coleta das 15h (Figura 40) as maiores temperaturas foram registradas nas vertentes com orientação para o norte e leste devido à incidência dos raios solares nesta hora da tarde. Também na área central da área urbana de Salto do Jacuí, bairro Harmonia, Portão e Nova Jacuí.

A área mais a leste da área urbana encontram-se áreas de lavoura e neste período do ano apresenta solo exposto. Nos bairros Centro e Cruzeiro, esses bairros apresentam uma menor cobertura vegetal e maior aglomerado de construções. Esses fatos contribuem para o aquecimento destas áreas.

As maiores temperaturas foram registradas no transecto leste-oeste sendo a maior temperatura neste horário de 22 °C nos pontos 18 e 21, Bairros Harmonia, Centro e Portão. Isso ocorre em função da presença de áreas residenciais, comerciais, áreas impermeabilizadas, intenso fluxo de carros e pessoas entre outros.

As menores temperaturas foram registradas no transecto norte-sul. Sendo a menor temperatura neste horário de 13 °C localizado em áreas mais baixas da cidade, em áreas mais arborizadas e com menos fluxo de pessoas, carros e com as vertentes voltadas para sul e oeste.

Segundo Amorim (2013) as ações causadas pelo homem como tráfego de veículos e uso de ar condicionados. São enormes consumidores de energia na qual geram um aumento de calor nas cidades principalmente nos *Central Business District* onde essas atividades se tornam mais intensas.

Já as áreas verdes em escassez nos centros urbanos e a impermeabilização do solo contribuem para a intensificação de ilhas de calor, isso porque há a diminuição no processo de evapotranspiração e não tendo, desta forma, o resfriamento por evaporação nas cidades (PINHO; ORGAZ, 2000).

Os registros de umidade relativa do ar das 15h novamente se comportam como os registros das 06h. Sendo os menores registros da umidade relativa do ar no transecto norte-sul e os maiores registros no transecto leste-oeste. O comportamento da umidade relativa do ar mostra que exatamente nos locais de menor temperatura ocorreu os maiores registros (comportamento inverso).

Analisando o último perfil do dia que ocorreu às 21h, nota-se que os pontos localizados a leste da área urbana de Salto do Jacuí, apresentaram as temperaturas mais elevadas. Comparando com as demais para esse perfil registrando uma temperatura de 5 °C. Essa área está situada numa área mais elevada com as vertentes voltadas para o norte e com características rururbanas.

No transecto norte-sul foram registradas as menores temperaturas das 21h. O bairro Cruzeiro, registrou temperatura de 1°C, pois esse bairro está localizado em uma área mais baixa em relação ao seu redor confirmando Dacanal et al. (2008) ao afirmar que os fundos de vale em área urbana interferem no clima e quando vegetados proporcionam a formação de microclima mais úmido e com menor temperatura.

Segundo a literatura que trata sobre o clima urbano afirma que neste horário das 21h ocorre as manifestações de núcleo de calor neste período da noite. E na área urbana de Salto do Jacuí entre os bairros Portão e Centro, Ponto 22, houve a configuração de um núcleo de calor de baixa magnitude registrando 1°C mais quente que ao seu redor.

Os núcleos de calor urbana se definem melhor a noite entre os bairros Centro e Portão, pois esta área conservou o calor em sua superfície ao longo do dia e da noite deu-se a lenta liberação do calor o que tornou mais aquecida esta área do que ao seu entorno. Este aquecimento se dá pela presença de calçadas, casas e ruas.

O núcleo de calor foi observado no transecto leste-oeste às 21h. OKE (1973) afirma que nas cidades subtropicais e de latitudes médias a maior intensidade das

ilhas de calor ocorre 2 ou 3 horas após o pôr-do-sol. Este mesmo resultado corrobora com a pesquisa de Costa (2015) realizada na cidade de Chapecó - SC.

Para este mesmo perfil a umidade relativa do ar teve os maiores valores no bairro Cruzeiro que está em um vale seguido pelos bairros que estão na porção oeste da cidade. Nesta porção da área urbana de Salto do Jacuí há presença de maior vegetação e também encontra-se o reflorestamento da CEEE favorecendo para a elevada umidade nestas áreas constatadas.

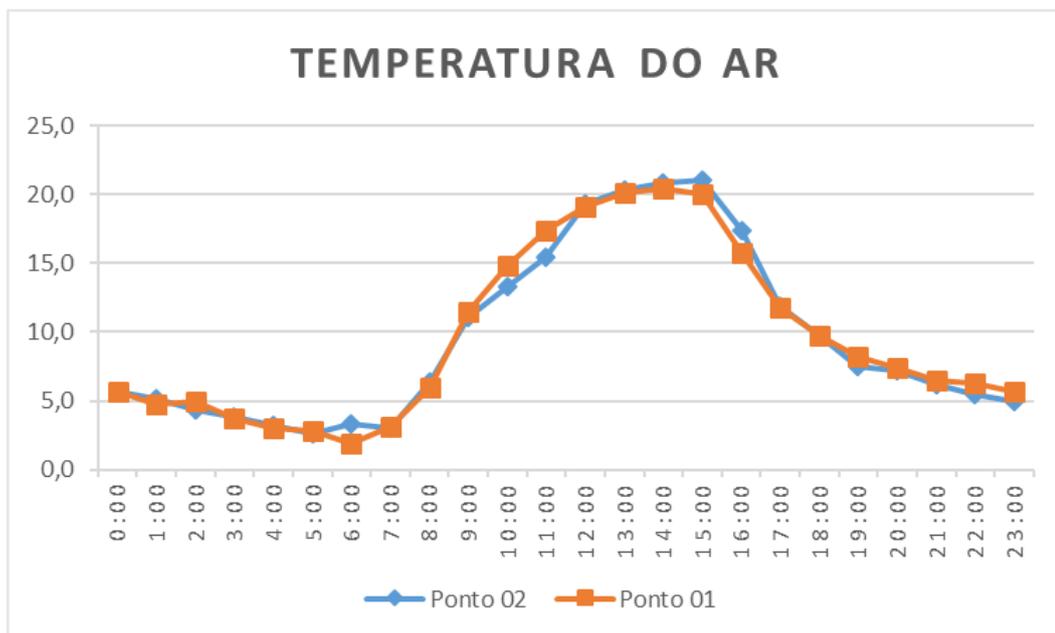
Assim o aquecimento do ar acompanhou o movimento aparente do sol e a exposição das vertentes de acordo com o horário. Já à noite as temperaturas sofreram influência do tipo de cobertura do solo e das orientações das vertentes que tiveram maior insolação no decorrer do dia.

As umidades relativas do ar registram os maiores valores no transecto as 6h e no perfil norte-sul. Isso ocorre porque este perfil ultrapassa áreas do reservatório, o reflorestamento e uma área de vale o que favorece a concentração dos maiores valores da umidade relativa do ar. Ao longo do transecto das 15h apenas mudam os valores, a noite que o comportamento desta muda, sendo mais úmido a zona oeste e o bairro Cruzeiro.

### **5.2.3 Análise dos pontos fixos da área urbana de Salto do Jacuí – RS**

A figura 41 apresenta o gráfico relativo a medições da temperatura do ar no centro da cidade de Salto do Jacuí, ponto 01, e às margens do reservatório artificial Engenheiro Maia Filho, ponto 02 do dia 28 de junho de 2016.

Figura 41 - Gráfico da temperatura relativa do ar referente às medições do dia 28 de julho de 2016



Org: Os autores

De acordo com a figura 41 observa-se a variabilidade da temperatura do ar coletados em dois pontos da área urbana de Salto do Jacuí. No intervalo de tempo das 00h às 07h as temperaturas registradas nestes pontos continuam a diminuir lentamente. Neste intervalo de tempo registra uma queda de 3°C aproximadamente em todos os pontos. Isto ocorre pelo fato de estar acontecendo o balanço negativo de energia.

No entanto, neste dia foi registrada a temperatura mais baixa entre os campos realizados, registrando 1,9 °C às 06h no ponto 02. Ainda, como é visto no gráfico da figura 41 neste mesmo período, nota-se que as temperaturas registradas nesses pontos não apresentaram uma grande variação registrando uma diferença de 0,1 °C à 1,6 °C entre os pontos, ao longo do dia.

Das 08h às 15h as temperaturas se elevam por conta do balanço positivo da radiação elevando a 20 °C aproximadamente nos pontos 01 e 02, chegando a temperatura máxima de 20,9 °C às 15h no ponto 01. Conforme mostra no gráfico da imagem 41.

Ao entardecer (17h) as temperaturas começam a diminuir com o passar das horas pois neste período volta novamente o balanço negativo de energia. Analisando os pontos 01 e 02 pode-se notar que nas primeiras horas do dia 28 de julho de 2016.

O ponto 02 foi o local que apresentou as maiores temperaturas em relação ao ponto 01, isto se dá pela presença de vegetação e pela presença do corpo d'água que está próximo.

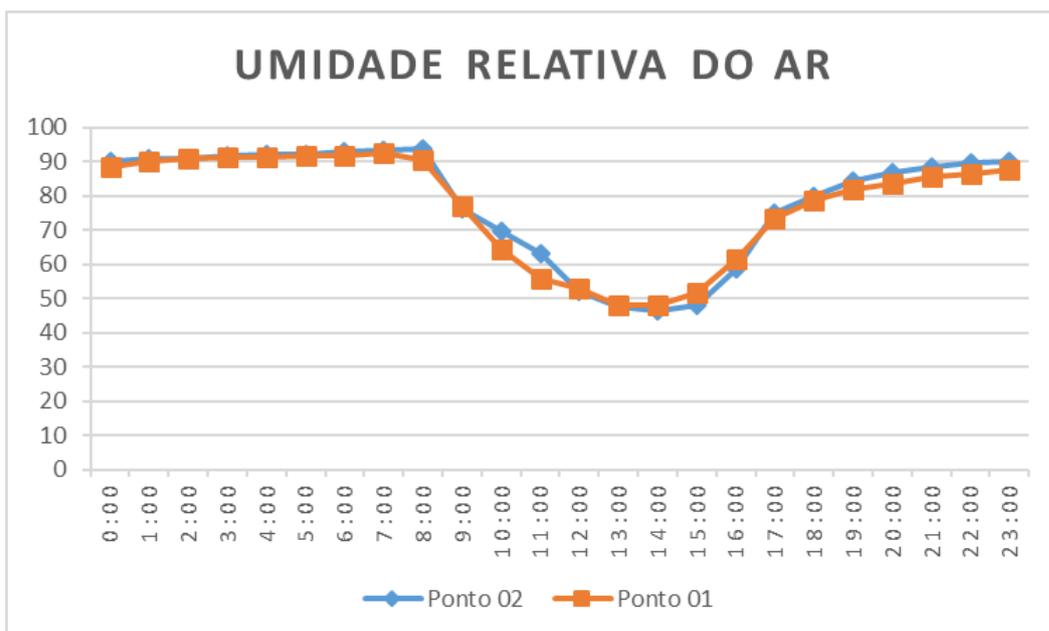
O ponto 01 apresentando mais construções e menos espaços verdes perde mais rapidamente calor e se aquece mais rapidamente. Por este fator que nas primeiras horas da manhã pode-se observar no gráfico da figura 41 que o ponto 01 registra as maiores temperaturas. O processo inverso acontece ao anoitecer.

Essa diferença entre os pontos está associada às diferenças entre as áreas de coleta dos dados. O que corrobora com as pesquisas citadas no referencial teórico como a de LIMA; AMORIM (2008) que relata que a densidade de áreas verdes e corpos hídricos são fatores que influenciam diretamente o clima.

Os dados encontrados nesta pesquisa corroboram com Spirn (1995) que afirma que nas áreas centrais ao apresentarem maior número de edificações e adensamento destas estruturas. Com isso é mais quente e menos ventilado que nas zonas periféricas e com maior presença de vegetação e sem edificações.

A figura 42 mostra o gráfico das umidades relativa do ar nos dois pontos da área urbana de Salto do Jacuí referente ao dia 28 de julho de 2016.

Figura 42 - Gráfico da umidade relativa do ar referente às medições do dia 28 de julho de 2016



Org: Os autores

A figura 42 mostra que durante o intervalo das 00h e 08h não houve uma mudança significativa na umidade relativa do ar registrando uma diferença entre os pontos 01 e 02 de 1% a 3% entre os pontos.

Após às 08h a umidade relativa do ar começou a diminuir nos pontos de coleta, até as 18h. Após, o horário das 18h à umidade relativa do ar volta a se elevar nos dois pontos da área urbana do Salto do Jacuí. Pois o balanço de radiação é negativo, com isso faz que as umidades se elevam gradualmente.

Neste dia, a diferença entre os dois pontos variou de 1% à 7%, a maior variação ocorreu as 11h. Sendo que, o ponto 01 registrou a menor humidade para este dia e horário.

Entre as principais características que os autores citam, são que as cidades apresentam elevação em vários metros da superfície do solo (verticalização); forte contaminação do ar, do solo e da água; diminuição das águas subterrâneas; destruição do solo; desenvolvimento de um clima tipicamente urbano, com maiores temperaturas e baixa umidade relativa; mudanças fundamentais nas populações vegetais e animais.

E com a verticalização aumenta a superfície de absorção de calor, e a superfície impermeabilizada faz com que as águas escoem mais rapidamente diminuindo a umidade do ar, evaporação e a transpiração o que ocasiona o aumento do aquecimento, gerando problemas relacionados com a qualidade ambiental.

### 5.3 CAMPO DO DIA 26 DE AGOSTO DE 2016

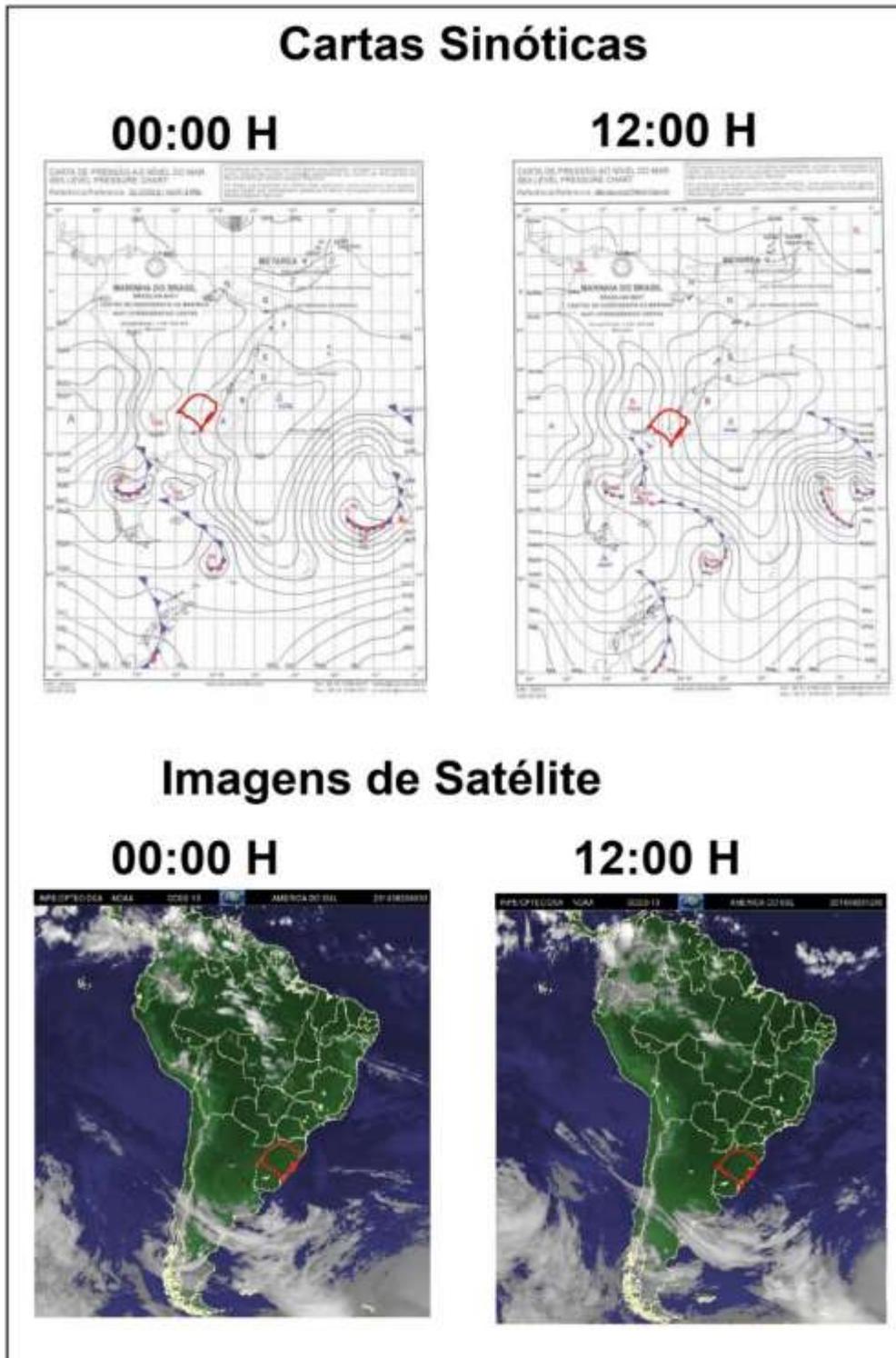
#### 5.3.1 Identificação dos sistemas atmosféricos

Os dados climáticos registrados na Estação Meteorológica de Ibirubá mostram que as temperaturas variam de 13,5 °C à 29,5 °C, a média da temperatura foi de 21,1 °C. A umidade relativa do ar apresentou uma variação de 53% à 90% durante este dia.

A pressão atmosférica manteve-se relativamente baixa, abaixo de 1013mb durante o dia. Os ventos registrados pela estação meteorológica de Ibirubá, variaram de 1,6 m/s à 3,7 m/s, cujo a velocidade média foi de 2,6 m/s.

As cartas sinóticas e imagens de satélite GOES-13 colorida para identificação dos sistemas atmosféricos referentes ao segundo trabalho de campo de coleta realizado na data de 26/08/2016 podem ser analisadas por meio da Figura 43.

Imagem 43 - Cartas sinóticas e imagens de satélites das 12h e das 00h do dia 26 de agosto de 2016



Org: Os autores

Consegue-se observar na figura 43 que o Estado do Rio Grande do Sul está sob domínio da Massa Tropical Atlântica (mTa) com centro de pressão de 1026hPa sobre o Oceano Atlântico na latitude dos 30° Sul.

Este sistema atmosférico intertropical ocorre durante todo o ano na região sul. Seus efeitos sobre a região variam de acordo com a sazonalidade ao longo do ano. Conforme Monteiro (1963) estando ligado originariamente ao Anticiclone Atlântico (AA) recebendo desta forma muito calor e umidade em sua superfície de contato com o oceano, pois está sobre o Oceano Atlântico.

Este tipo de domínio atmosférico prevê entre outros tipos de tempo, a participação do tipo de “Tempo Anticiclônico Tropical Marítimo” que segundo Sartori, 2003. p. 33).

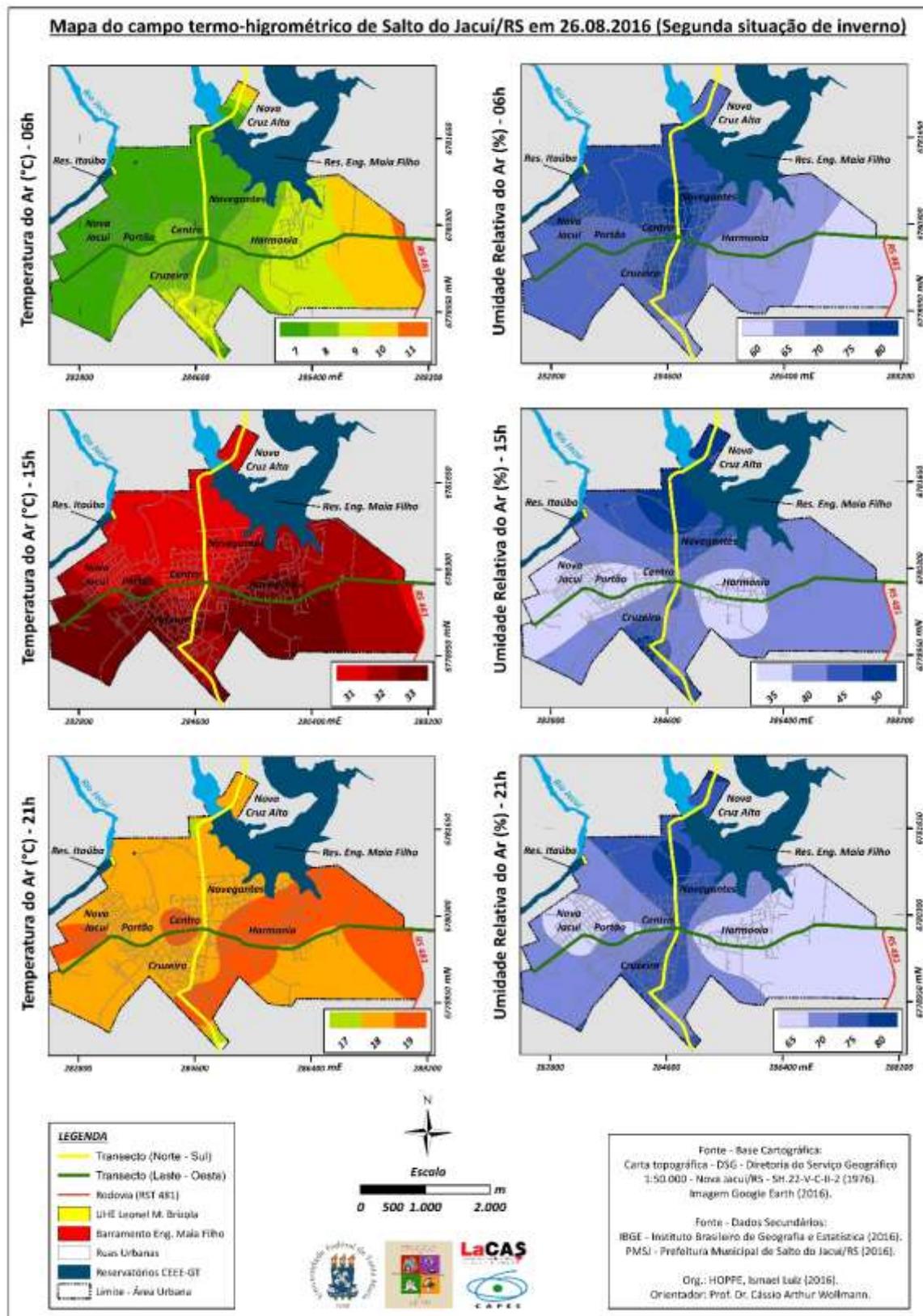
...estado atmosférico semelhante ao do Tempo Anticiclônico Polar em Tropicalização, mas relacionado ao domínio na região da MTA, que origina tempo bom, com fluxos predominantemente de nordeste (NE) e leste (E) leves, temperaturas elevadas (entre 19°C e 35°C), céu limpo e formação de orvalho. Em geral, tem duração efêmera, isto é, no máximo dois dias, em virtude de anteceder a chegada da FPA, substituindo a MPV na fase pré-frontal, quando se dá a fusão do Anticiclone Polar com o ATA.

Nesse sentido os dados coletados a campo e na estação meteorológica de Ibirubá registraram temperatura entre 12,5°C e 31,9°C (e amplitude de aproximadamente 19,4°C). A umidade relativa do ar acima de 50%, a pressão atmosférica em elevação são as características comuns do tempo em relação à dinâmica atmosférica pertinente no dia 26 de agosto de 2016.

### **5.3.2 Análise dos Transectos móveis**

O segundo campo foi realizado no dia 26 de agosto de 2016 sendo esse o segundo episódio do período vernal. Neste dia as condições de tempo foram favoráveis com ausência de vento e apresentou céu limpo o dia todo com presença de nevoeiros leves em alguns determinados pontos sendo eles pontos próximos ao reservatório Engenheiro Maia Filho e em vales.

Imagem 44 - Mapas do campo termo-higrométrico de Salto do Jacuí/RS no dia 26/08/2016 (Segunda situação de inverno)



Org: Os autores

Analisando o campo térmico da área urbana de Salto do Jacuí no período das 06h foram registradas temperaturas mais elevadas nas porções norte e leste dos transectos. Isso novamente pode ser explicado pelo resfriamento provocado pelo balanço negativo de radiação que se processa até o nascer do sol quando são registradas as menores temperaturas e pela orientação destas vertentes que recebeu maior insolação durante o dia.

As maiores temperaturas (11°C) registradas ao longo do transecto ocorre na porção norte e oeste da área urbana de Salto do Jacuí. As menores temperaturas (7°C) ocorreram na porção oeste do bairro Navegante na porção norte dos bairros Centro e Portão onde apresentam uma grande área verde e toda a área oeste da área urbana. Neste horário a área urbana ainda está resfriando-se, logo as porções mais quentes são aquelas onde os transectos tem início. E ainda o fator urbano exerce muito pouca influência sobre o campo térmico, já que a cidade como um todo ainda está perdendo calor devido ao balanço negativo da radiação.

Amorim (2013, p.186) ressalta que o ângulo dos raios solares que batem nas áreas fortemente construídas no começo da manhã origina o efeito sombra. Com isso dificultam a penetração dos raios solares no que resulta em temperaturas mais baixas no centro em comparação com o entorno rural. Amorim ainda afirma que em lugares com edificações esparsas ou no ambiente rural a conversão da energia solar de ondas curtas para ondas longas ocorre de maneira mais rápida originando ambientes mais quentes.

A umidade relativa do ar das 06h foi mais significativa na porção noroeste da área urbana do Salto do Jacuí. Isto justifica-se pois a noroeste a presença de uma maior concentração de vegetação do reflorestamento da CEEE e a presença de corpos d'água.

No transecto das 15h foram registradas temperaturas relativamente elevadas para o inverno, mas que são comuns para a circulação atmosférica analisada para esta data, conforme a Figura 44.

Com relação ao perfil leste-oeste foram registrados em vários pontos do transecto a maior temperatura, o valor de 33 °C. Encontrado nos bairros Harmonia, Portão e Nova Jacuí e a menor temperatura registrada foi de 30 °C no bairro centro. O mesmo ocorre para o perfil norte-sul, pois as maiores temperaturas se encontram na zona sul da área urbana.

Amorim (2013, p. 262) afirma que o centro é a parte da cidade onde a temperatura do ar é mais elevada e a umidade relativa do ar é mais baixa para os horários entre 15h e 21h, resultado do calor acumulado na superfície urbana durante a manhã e início da tarde. Neste sentido também Souza e Prostigo (2007) relatam que as construções funcionam como uma zona de armazenamento de calor aumentando a temperatura do ar em seu entorno.

A zona sul da área urbana de Salto do Jacuí onde foi registrado as maiores temperaturas, tem como característica as suas vertentes localizadas para norte, leste e oeste. Que pode ser novamente explicado pela orientação que as vertentes possuem nesta parte da área de estudo já que recebem uma grande incidência de raios solares ao longo das horas da manhã e tarde.

Já as menores temperaturas foram registradas na área mais arborizada. Onde Mascaró, Mascaró e Aguiar (1990, p. 59-72) relatam que a cobertura vegetal ameniza os efeitos da ilha de calor e proporciona ao cidadão a oportunidade de reduzir os custos de refrigeração no seu ambiente urbano.

A umidade relativa do ar registrada às 15h apresentou os menores valores para o inverno em comparação com o campo do mês de julho. O menor valor da umidade relativa do ar foi de 36% no perfil leste-oeste e o maior valor foi de 55% no perfil norte sul.

Os locais com os menores valores de umidade foram justamente aqueles nas quais foram registradas as maiores temperaturas, ou seja, no perfil leste-oeste. Esse comportamento se justifica pela inversão proporcional da umidade/temperatura. Os valores mais elevados da umidade foram registrados na porção norte da área urbana de Salto do Jacuí, onde há maior presença do reservatório e da vegetação.

Analisando o perfil térmico dos transectos das 21h percebe-se que a temperatura do ar diminui nos pontos situados ao longo dos transectos. Também nota-se que as maiores temperaturas foram registradas na porção leste no bairro Harmonia, porção sul do bairro Cruzeiro e uma pequena área na porção oeste e no centro.

A maior temperatura foi de 19 °C em ambos os transectos. Sendo no transecto norte-sul registrado no ponto 12 localizado na porção sul do perfil. Já no transecto leste-oeste foi registrado as temperaturas mais altas neste horário em vários pontos. Sendo no ponto 14 na porção leste e os pontos localizado no bairro Harmonia, no ponto 21 (centro).

Nesses pontos de maior temperatura pode-se justificar novamente pela orientação das vertentes onde elas recebem uma grande insolação durante o dia mantendo as temperaturas mais elevadas ainda à noite. Já nos bairros Centro e Harmonia onde nível de urbanização é maior há mais concentração de casas e movimentos de veículos, pois contribui também para que a temperatura se mantenha mais elevada mesmo como o balanço negativo.

Segundo Fialho (2009), à noite, tanto na área rural como na área urbana perdem calor por irradiação da atmosfera terrestre. Apesar disso o fluxo de energia se manterá mais tempo no labirinto do meio urbano com sua geometria de edificações que dificultam a dissipação desta energia aprisionando-a por mais tempo dentro da cidade na qual resulta em um resfriamento mais lento do ar em relação a zona rural ou com menor densidade de construções.

Novamente apresentou uma configuração de uma ilha de calor de magnitude baixa no ponto 22 (centro) do transecto leste-oeste. Mais uma vez a ilha de calor se definiu melhor neste horário sobre o centro da cidade conforme Oke (1973).

Amorim (2013) explica que o maior aquecimento noturno da cidade em relação as áreas rurais e suburbanas ocorre no período da noite. Esse aquecimento é maior na cidade do que nas áreas circundantes devido à capacidade dos materiais urbanos em armazenar o calor e também devido a menor presença de áreas verdes reduzindo a evapotranspiração e as perdas de calor por evaporação.

As menores temperaturas registradas durante os perfis das 21h foi no transecto móvel norte-sul. Foi registrado em dois pontos a temperatura de 17 °C ao longo deste perfil sendo o primeiro ponto no ponto 03 e o segundo no ponto 13. Isso justifica-se pois neste dois pontos há uma grande quantidade de vegetação no seu entorno.

A umidade relativa do ar apresentou maiores valores novamente no transecto norte-sul influenciados pela presença de vegetação que é mais densa na porção norte da zona urbana de Salto do Jacuí e pela presença do reservatório na porção sul, justifica-se pela presença de um vale e um córrego nesta área.

As menores umidade relativas ocorreram no perfil leste-oeste, o que se justifica pelo comportamento da umidade relativa do ar, mostra que exatamente nos locais de menor temperatura ocorreu os maiores registros (comportamento inverso).

Nas temperaturas registradas neste dia em campo, nota-se que as vertentes norte e leste apresentaram as maiores temperaturas no perfil da manhã. Isso justifica-se pela exposição dos raios solares de forma mais direta. Já durante à tarde, as

vertentes com orientação norte, leste e oeste mostraram-se mais quente com relação as outras.

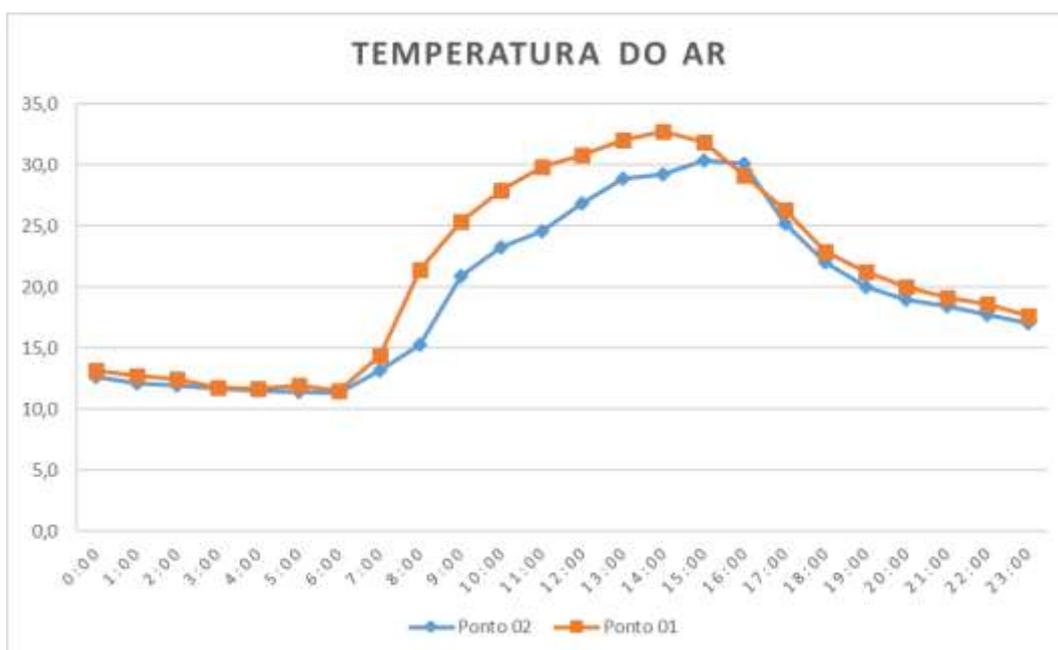
Já à noite, as maiores temperaturas são constatadas nas regiões lestes, bairro Harmonia, centro e uma porção oeste da cidade. Justifica-se pela grande quantidade de construções e a insolação que a vertente leste recebeu acabam por ocasionar maiores temperaturas.

Em relação a umidade relativa do ar, pode-se afirmar que em todos os horários de coletas os maiores valores registrados foram perfil norte-sul e próximo ao reservatório e a área de reflorestamento da CEEE. Os menores valores registrados foram no perfil leste-oeste sendo este perfil mais urbanizado em comparação ao perfil norte-sul.

### 5.3.3 Análise dos pontos fixos da área urbana de Salto do Jacuí – RS

A figura 45 apresenta o gráfico das medições da temperatura do ar às margens do reservatório artificial Engenheiro Maia Filho (Ponto 2). Bem como do centro da cidade de Salto do Jacuí (Ponto 1).

Figura 45 - Gráfico da temperatura relativa do ar referente as medições do dia 26 de agosto de 2016



Org: Os autores

Como mostra a figura 45 nota-se que a temperatura do ar coletadas nas áreas urbanas de Salto do Jacuí, apresentam semelhança com os dados coletados no campo anterior do dia 28 de julho de 2016. Nas primeiras horas do dia (00h às 07h) 26 de agosto de 2016 as temperaturas dos locais coletados há um decréscimo. No ponto 01 diminui 1,3 °C. No ponto 02 diminui 1,4 °C.

Comparando o ponto 01 e o ponto 02, no ponto 02 foi registrado as temperaturas mais baixas em relação ao ponto 01. No horário das 07h e às 16h tiveram a menor diferença entre as temperaturas registradas nos dois pontos de coletas. Essa diferença não ultrapassou os 1,2 °C às 07h e às 16 horas a diferença entre os pontos foi de 1°C.

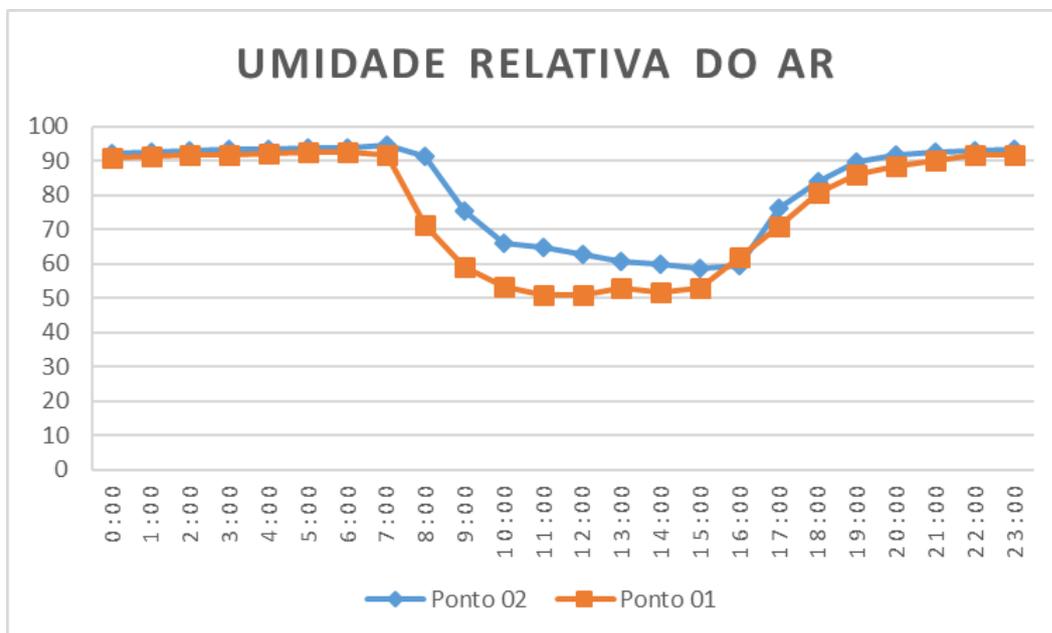
Das 08h às 16h as temperaturas se elevam por conta do balanço positivo da radiação elevando temperatura, chegando a registrar temperatura máxima de 32,7°C no ponto 01 e 30,4°C no ponto 02 e na estação registou a máxima de 29,5°C neste dia.

Conforme mostra no gráfico da figura 45 que a diferença entre a temperatura entre os pontos 01 e 02 é elevada durante o período de horário das 7h às 17h. Registrando uma diferença superior a 3,5°C. Pode-se ver que as maiores temperaturas registradas estão no ponto 01 sendo essa a área com maior presença de construção. Essa diferença entre os pontos está associada às diferenças entre as zonas urbanas a distribuição dos espaços intra-urbana associados às condições específicas do relevo, à densidade de áreas verdes e corpos hídricos são fatores que influenciam diretamente no clima, portanto indiferente do porte da cidade o processo de urbanização gera clima urbano (LIMA; AMORIM, 2008).

A partir das 17h as diferenças encontradas nos pontos de coletas não são elevadas em comparação ao horário período das 07h às 17h. entre os pontos 01 e 02. Observa-se no gráfico da figura 45 que a partir desse horário a temperatura volta a diminuir nos três pontos, pois o balanço de energia é negativo. Neste dia as maiores temperaturas registradas ao longo de todo o dia 26 de agosto ocorreram no ponto 01. Como já ressaltado anteriormente pelo motivo que neste ponto há uma maior concentração de construções, o que corrobora com todas as pesquisas consultadas no referencial teórico.

A figura 46 mostra o gráfico das umidades relativas do ar nos dois pontos da área urbana de Salto do Jacuí.

Figura 46 - Gráfico da umidade relativa do ar referente as medições do dia 26 de agosto de 2016



Org: Os autores

Como pode ser visualizado no gráfico da figura 46, o período da 00h às 07h da manhã pode-se dizer que não houve uma diferença significativa da umidade relativa do ar entre os pontos de coleta do município de Salto do Jacuí. A diferença entre eles variou de 1% e 2%. Essa diferença ocorre pois neste período de tempo não há insolação e por um dos pontos estar em uma área mais urbanizada e outra com menos urbanização e às margens do reservatório. O ponto 2 registrou sempre os maiores valores de umidade relativa do ar neste dia.

As 15h foi registrado 53% de umidade relativa do ar na área urbana de Salto do Jacuí. As menores diferenças entre os pontos foram no período da manhã, à tarde para a noite foram encontradas as maiores diferenças da umidade relativa do ar entre os pontos de coleta.

Como já citado anteriormente observa-se no gráfico da figura 46 que a umidade relativa do ar no ponto 2 é maior em relação ao ponto 1. Essa diferença varia de 1% a 17%, sendo que às 09h é a maior variação entre os pontos. Com a verticalização aumenta a superfície de absorção de calor e a superfície impermeabilizada faz com que as águas escoem mais rapidamente diminuindo a umidade do ar, evaporação, transpiração o que ocasiona o aumento do aquecimento gerando problemas relacionados com a qualidade ambiental.

A diminuição da umidade com o amanhecer do dia ocorre pelo fator da presença do sol ocorrendo o balanço positivo de radiação. Ao anoitecer os valores da umidade relativa do ar voltam a se elevar pois não a presença de sol ocorrendo o balanço negativo de energia.

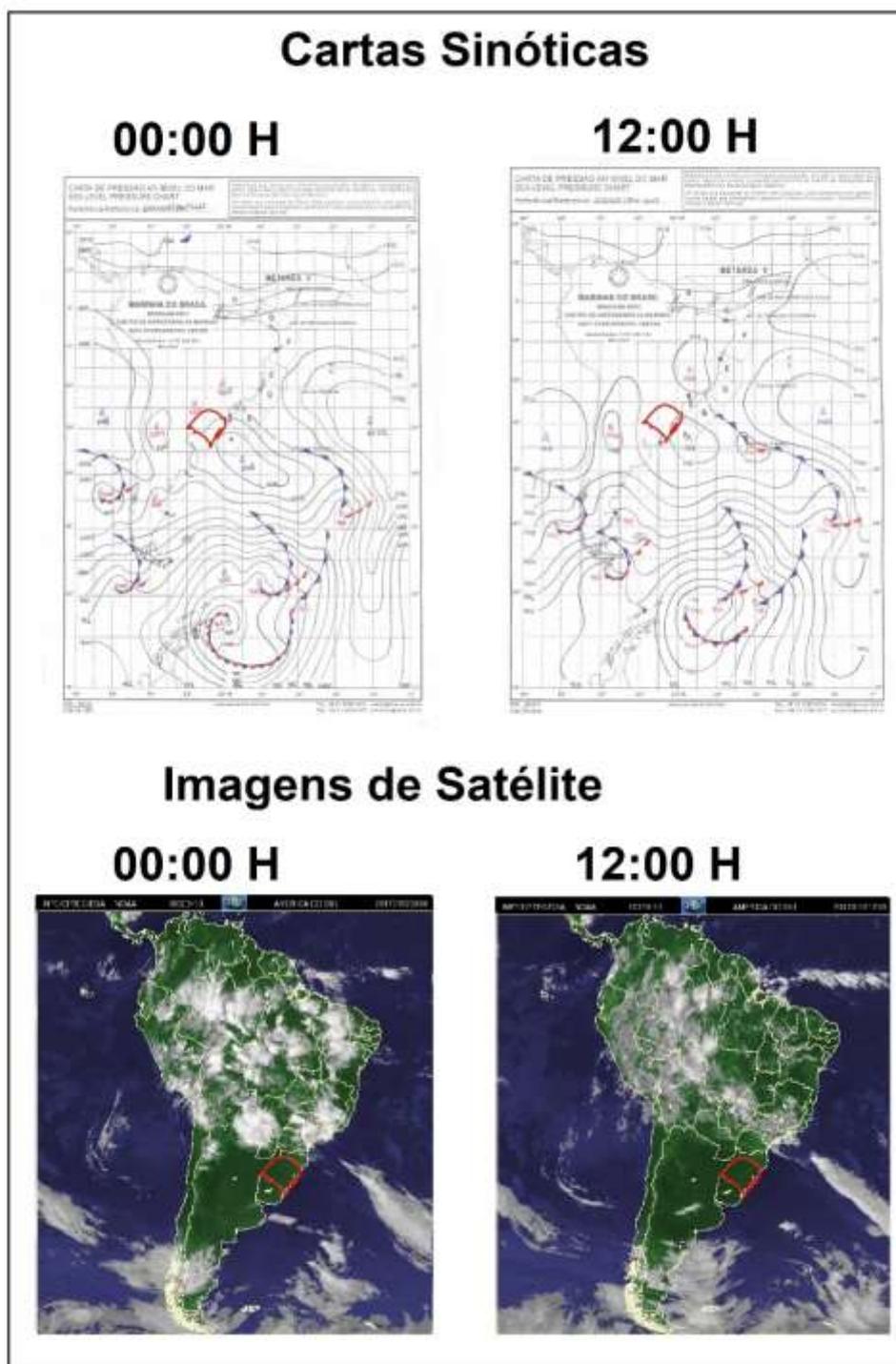
#### 5.4 CAMPO DO DIA 12 DE JANEIRO DE 2017

##### **5.4.1 Identificação dos sistemas atmosféricos**

Os dados climáticos registrados na Estação Meteorológica de Ibirubá mostram que as temperaturas variam de 17,7°C à 30,7°C, como a média da temperatura foi de 24,1 °C. A umidade relativa do ar registrou uma variação de 40% à 94%. A pressão atmosférica manteve relativamente baixa, abaixo de 1013mb durante o dia, os ventos variaram de 1,2 m/s à 3,9 m/s, cujo a velocidade média foi de 2,7 m/s.

As cartas sinóticas e imagens de satélite GOES-13 colorida para identificação dos sistemas atmosféricos referentes ao terceiro trabalho de campo, e primeiro realizado no período do verão realizado na data de 12 de janeiro 2017 podem ser analisadas por meio da Figura 47.

Imagem 47 - cartas sinóticas e imagens de satélites das 12h e das 00h do dia 12 de janeiro de 2017



Org.: Os autores

Consegue-se observar na figura 47 que o estado do Rio Grande do Sul está sob domínio da Massa Polar Atlântica (mPa) com centro de pressão de 1018hPa sobre o Oceano Atlântico na latitude dos 30° à 35°Sul.

Este sistema atmosférico extratropical tem origem do Anticiclone Migratório Polar que é resultado do acúmulo de ar polar das baixas pressões polares que se desloca em direção as altas subtropicais Monteiro (1976).

Este tipo de domínio atmosférico prevê entre outros tipos de tempo, a participação do tipo de “Tempo Anticiclone Aquecido” que segundo Sartori, 2003. p. 33).

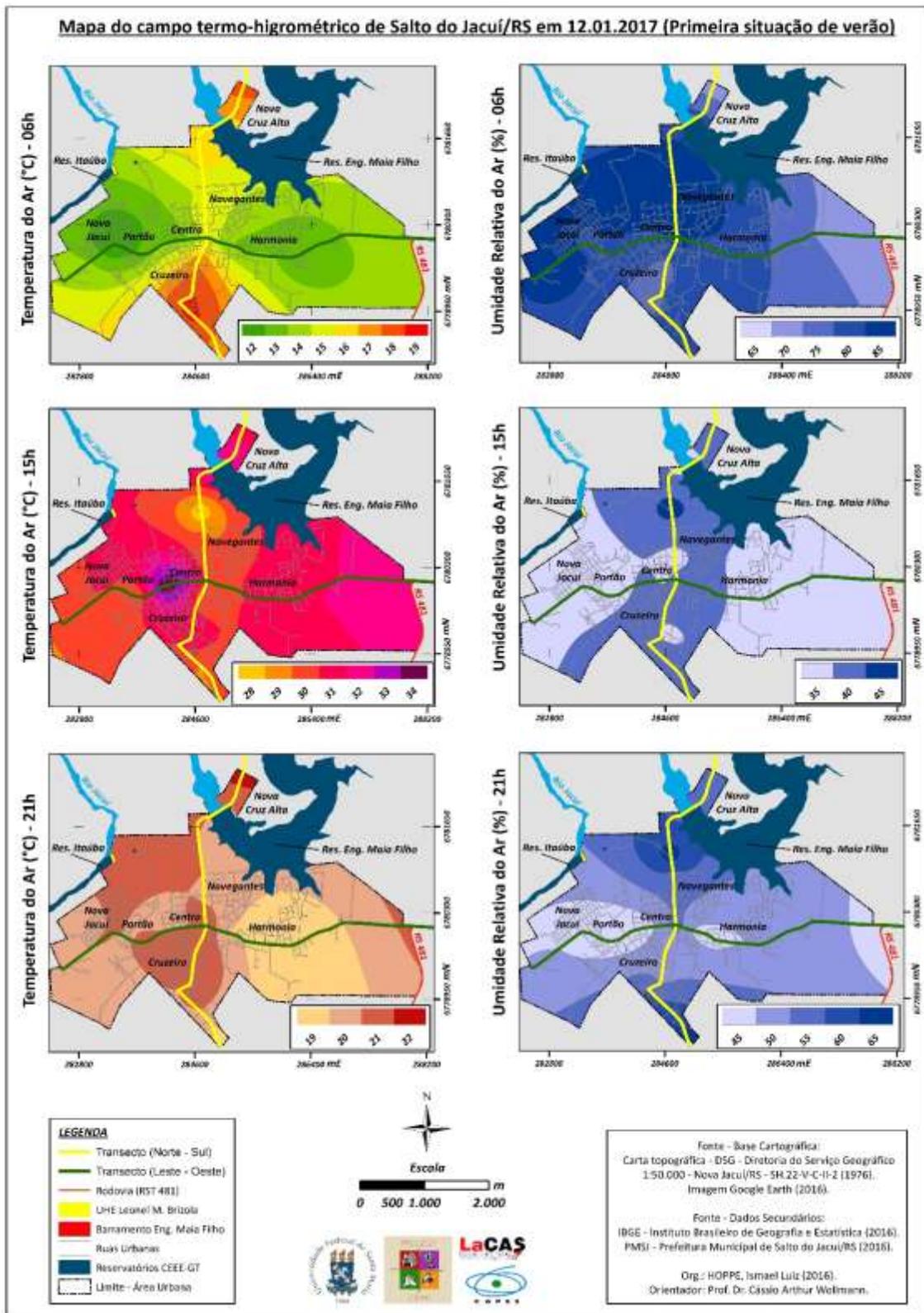
...é uma variação do Tempo Anticiclone Típico, motivado pelo aquecimento do ar de origem polar sobre o continente nas latitudes subtropicais e tropicais e conseqüente enfraquecimento do APA. Caracteriza-se pela presença do centro do Anticiclone Polar sobre a região e é associado ao domínio da MPV, registrando elevação moderada da pressão atmosférica (inferior ao típico), céu limpo, ventos leves e calmas, com grande amplitude térmica pelo aumento das temperaturas máximas e declínio das mínimas, porém ambas mais elevadas que no Anticiclone Típico.

Nesse sentido os dados coletados em campo e na estação meteorológica de Ibirubá registraram temperatura entre 17,7°C e 30,7°C (e amplitude de aproximadamente 13°C). A umidade relativa do ar acima de 39% e pressão atmosférica em elevação são as características comuns do tempo em relação à dinâmica atmosférica pertinente no dia 12 de janeiro de 2017.

#### **5.4.2 Análise dos Transectos móveis**

No dia 12 de janeiro de 2017 foi realizado a coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar na cidade de Salto do Jacuí/RS com o intuito de observar e comparar tais elementos entre as estações de verão e inverno. Este é o primeiro campo a ser realizado em período vernal. Neste dia as condições de tempo foram favoráveis com ausência de ventos, apresentou céu limpo o dia todo com presença de poucas nuvens ao norte e nevoeiros na parte da manhã sobre o reservatório, açudes, vale e presença de orvalho.

Imagem 48 - Mapas do campo termo-higrométrico de Salto do Jacuí/RS no dia 12/01/2017 (Primeira situação de verão)



Org.: O autor

Analisando o campo térmico de Salto do Jacuí às 06h para o primeiro episódio vernal percebe-se que as áreas mais aquecidas da área urbana corresponderam ao bairro Nova Cruz Alta, ao norte e bairro Cruzeiro, ao sul. Caracterizados pela presença de áreas abertas a insolação direta e circunvizinhas a áreas de plantação de soja no qual neste período se destaca pela colheita.

As maiores temperaturas da área urbana foram registradas no perfil norte-sul, registrando 19 °C. E as menores temperaturas foram registradas no transecto móvel leste oeste, registrando 12 °C no ponto 24 entre os bairros Portão e Nova Jacuí.

O perfil leste-oeste é o perfil mais urbanizado da zona urbana de Salto do Jacuí e encontra-se sombreado neste horário em função da presença de construções. Essas áreas se encontram sob efeito de sombra conforme destaca Viana (2006, p. 72).

Isso resulta da inclinação dos raios solares que incidem sobre as áreas construídas no início da manhã originando o efeito de sombra. As construções na área urbana dificultam a penetração dos raios solares resultando em temperaturas mais baixas nestas localidades em comparação com as áreas abertas (AMORIM, 2000).

Como pode-se observar na porção norte e sul da área urbana de Salto do Jacuí essas áreas apresentam edificações esparsas e um ambiente rural. Amorim (2013, p.186) afirma que a transformação da energia solar de ondas curtas para ondas longas dá-se de maneira mais rápidas nestes lugares originando ambientes mais quentes.

Amorim (2013, p. 182) também aponta que as zonas rurais aquecem mais rápidos após o amanhecer apresentando temperaturas mais altas do que nas zonas urbanas. Já no centro da cidade apresentam as temperaturas mais quentes novamente um pouco antes do meio da tarde.

A umidade relativa do ar registrada no transecto das 6h teve uma variação de 65% à 85% ao longo dos perfis. Os maiores valores foram registrados na porção norte e oeste da área urbana de Salto do Jacuí. Isso se justifica porque nestas porções estão localizadas as maiores áreas verdes e a presença do reservatório. Já os menores valores foram registrados na porção leste da zona urbana por virtude que está área são lavouras de soja que neste dia já tinha sido colhida e apresenta solo exposto.

No horário das 15h as temperaturas mais elevadas foram contatadas na área central da cidade registrando 34 °C. Seguido pela na porção leste da área urbana e os bairros Cruzeiro, Portão e Nova Jacuí que registraram 32 °C.

No bairro Centro formou uma ilha de calor atmosférica de média magnitude (2 °C). Isso se explica pela maior presença de superfícies pavimentadas e “cânions urbanos” que absorvem e retêm mais energia provocando o aquecimento do ar e dando origem ao fenômeno das ilhas de calor.

A formação da ilha de calor no Salto do Jacuí para este episódio de tempo e horário se compara as áreas do “*Central Business District*” onde as atividades humanas se tornam mais intensa favorecendo o fluxo de calor antropogênico para a atmosfera fazendo intensificar a ilha de calor urbana. Outro motivo que favorece a entrada de radiação e o aquecimento do ar e a presença de áreas planas e vertentes com orientação norte e oeste, as mais iluminadas para este horário. Áreas verdes reduzidas e a impermeabilização do solo nas áreas urbanas também contribuem para a intensificação da ilha de calor porque há diminuição da evapotranspiração e não tendo o resfriamento por evaporação na cidade pela redução da quantidade e corpos úmidos como vegetação e superfícies de água (PINHO EORGAZ, 2000).

A menor temperatura registrada foi no perfil norte-sul de 28 °C no ponto 04, este localizado no meio do reflorestamento da CEEE. Isso se explica pelo fator deste ponto estar cercado por vegetação densa fazendo com que aumente o teor de umidade e reduza a temperatura.

A umidade relativa do ar para este mesmo horário registrou os valores mais baixos de todos os campos. Neste dia e horário a umidade relativa do ar variou de 35% à 45%. Os valores mais elevados ocorreram no perfil norte-sul. Sendo as mais elevadas na porção norte onde está localizado o reservatório e a as áreas com vegetação mais densa.

Ao longo do perfil leste-oeste apresentou os valores mais baixos registrando praticamente em todo o perfil 35%. Isto se justifica pelo fato que esta área apresenta uma menor cobertura vegetal, uma maior área construída, presença de lavouras (solo exposto) e nestes mesmo transecto móvel apresentou os maiores valores de temperatura. Isto são fatores que fazem que a umidade do ar caia. Analisando o campo térmico de Salto do Jacuí às 21h as temperaturas mais elevadas foram contatadas a leste, norte, oeste e centro da área urbana.

Na região central e o bairro Cruzeiro foi registrada uma temperatura de 22 °C. Essa área tem sua superfície mais pavimentada, apresenta albedo reduzido comparado às áreas verdes. Absorvendo mais radiação solar e armazenando calor durante o dia, que é perdido lentamente para a atmosfera durante a noite mantendo-

o mais quente por mais tempo do que as zonas vizinhas. Pode se dizer que essa área configurou um núcleo de calor de baixa magnitude.

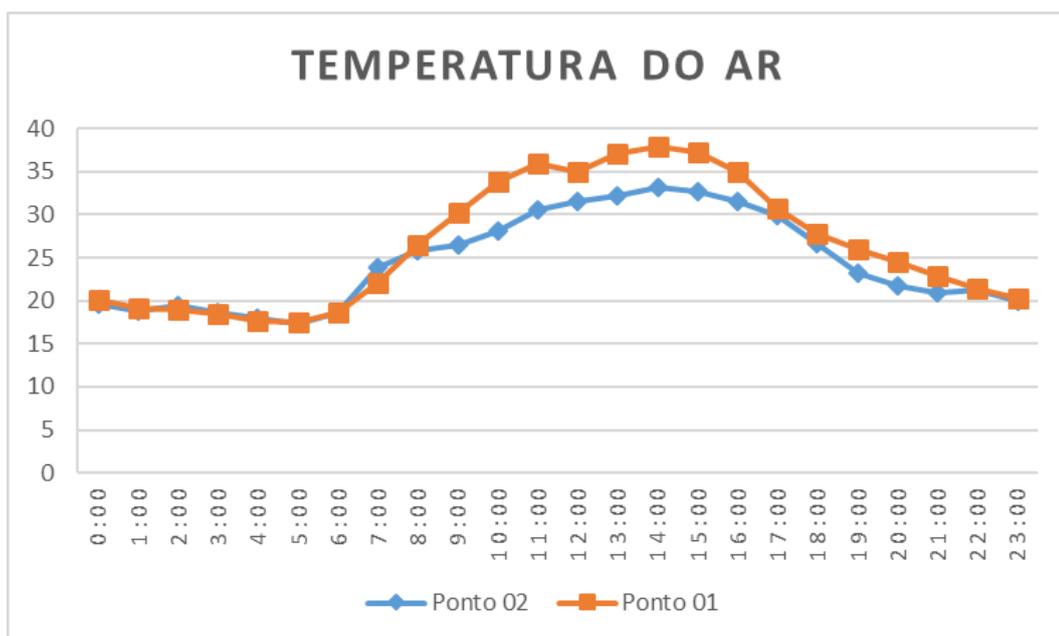
As menores temperaturas para este horário foram as registradas no bairro Harmonia pois este bairro se localiza mais próximo ao reservatório e é um bairro mais arborizado, as quais favorecem a evapotranspiração e o menor armazenamento de calor durante a tarde e a noite.

Já a umidade relativa do ar apresentou números mais elevados na Porção norte e sul da área urbana. Isso justifica que na porção norte estão as margens do reservatório e a grande presença de vegetação. E no sul os 12 e 13 estão em um vale rodeados de vegetação em seu entorno.

#### 5.4.3 Análise dos pontos fixos da área urbana de Salto do Jacuí – RS

A figura 49 apresenta o gráfico das medições da temperatura do ar às margens do reservatório artificial Engenheiro Maia Filho, bem como do centro da cidade de Salto do Jacuí.

Figura 49 - Gráfico da temperatura relativa do ar referente as medições do dia 12 de janeiro de 2017



Org: O autore

Pode-se notar que os dados de temperatura do ar registrados no ponto 01 e ponto 02 nas primeiras horas do dia 12 de janeiro de 2017. Apresenta uma queda de

0,5 °C das 00h até as 06h. Também é visível que entre os pontos da área urbana de Salto do Jacuí não houve maiores diferenças nas temperaturas registradas. Sendo a maior diferença de 0,5°C às 00h, e às 06h da manhã, os dois pontos de coletas não registrou nem uma diferença.

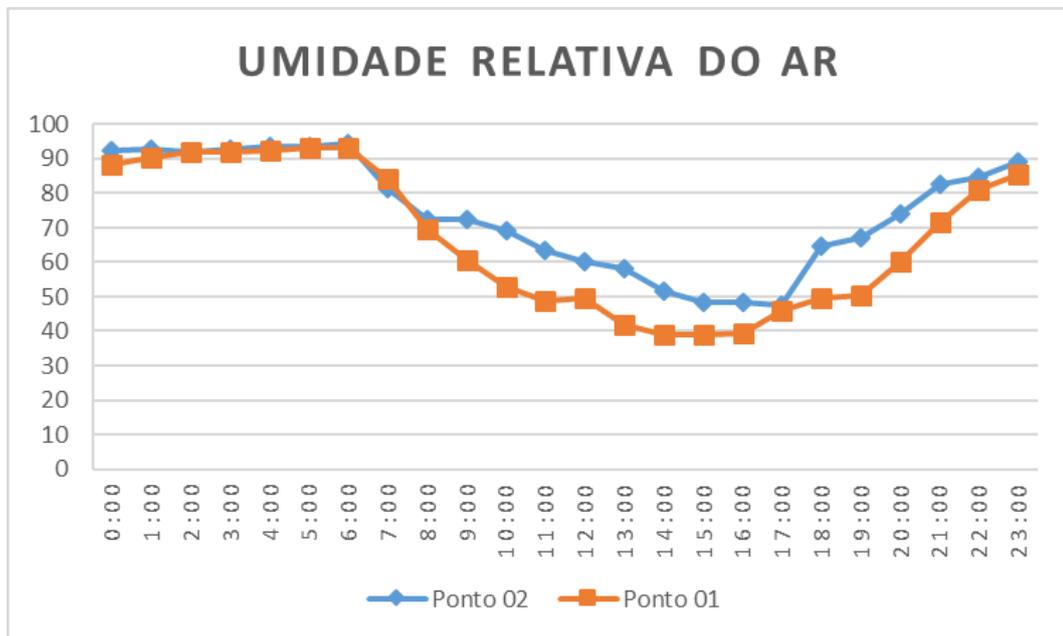
Entre às 07h até às 15h as temperaturas na área urbana de Salto do Jacuí continuam a se elevar. Neste período o ponto 01 registra as temperaturas mais elevadas em comparação ao ponto 02 com exceção das 07h que ocorre o inverso. A maior diferença entre os pontos ocorreu às 10h registrando uma diferença de 5,7°C o que corrobora com o referencial teórico consultado pois a presença do corpo d'água próximo favorece o abaixamento significativo das temperaturas do ar.

Quando ocorre os primeiros raios solares do dia pode-se ver que neste intervalo que é das 6h às 7h as temperaturas registradas nos dois pontos da área urbana de Salto do Jacuí se elevam bruscamente por conta do balanço positivo de energia. Observa-se que às 12h no ponto 01 a temperatura do ar tem uma pequena queda de 0,9 °C por conta de uma nuvem que se localizou em cima da cidade.

Às 17h é o momento do dia em que os dois pontos de coletas têm o segundo momento com as menores diferenças de temperaturas registradas entre os pontos. Essa diferença entre eles é de apenas 0,8°C entre os pontos.

A partir das 15h as temperaturas começam a decair nos pontos 01 e 02 da zona urbana do Salto do Jacuí, em virtude da posição dos raios solares e a partir das 18h ocorre o balanço de energia é negativo, o que causa a diminuição das mesmas. Neste intervalo de horas as diferenças registradas entre os dois pontos da área urbana variam de 2,8 °C a 0,1 °C de diferença.

Figura 50 - Gráfico da umidade relativa do ar referente às medições do dia 12 de janeiro de 2017



Org: O autor

A figura 50 mostra que durante o intervalo das 00h e 06h não houve uma mudança significativa na umidade relativa do ar registrando uma diferença entre os pontos 01 e 02 da zona urbana do Salto do Jacuí. Essa diferença variou de 2% a 4% entre os pontos nas duas primeiras horas do dia 12 de janeiro de 2017. Sendo está a maior diferença da umidade relativa do ar nas primeiras horas do dia. Entre 3h às 6h a diferença para esses pontos diminuiu sendo registrada o mesmo valor nos pontos às 5h e nos demais horários a diferença foi de 1%.

Após às 6h os valores registrados da umidade relativa do ar começam a diminuir na zona urbana. Na estação essa queda da umidade tem início só às 9h e diminui até as 18h a partir desse horário ela volta a se elevar novamente.

Na área urbana após às 8h podemos ver que entre os pontos de coletas a umidade apresenta uma diferença significativa entre os pontos 01 e 02. Pode-se perceber que no gráfico os maiores valores da umidade relativa do ar encontram-se no ponto 02 onde esse ponto apresenta uma maior cobertura vegetal e está ao lado de um grande corpo d'água.

A partir das 17 horas os valores da umidade voltam a subir, nos dois pontos da área urbana de Salto do Jacuí e o ponto 02 continua com os maiores valores de umidade relativa do ar.

No período das 9h até o fim deste dia a diferença entre os pontos de coletas foram de 2% às 19h onde todos os 3 pontos se apresentam uma menor diferença entre os pontos para este período. No decorrer as diferenças variaram de 9% à 17%, e apenas no final do dia que a diferença de valores da umidade do ar entre os pontos 01 e 02 se aproxima.

A diminuição da umidade do ar está associada às temperaturas do ar quando mais quente menor será a umidade do ar e quando maior a umidade do ar menor a temperaturas do ar. Em comparação com o gráfico 50 mostra que no período da manhã e após as 19h apresenta as menores. No período das 07h até às 18 horas apresenta as maiores temperaturas o que causa a diminuição da temperatura.

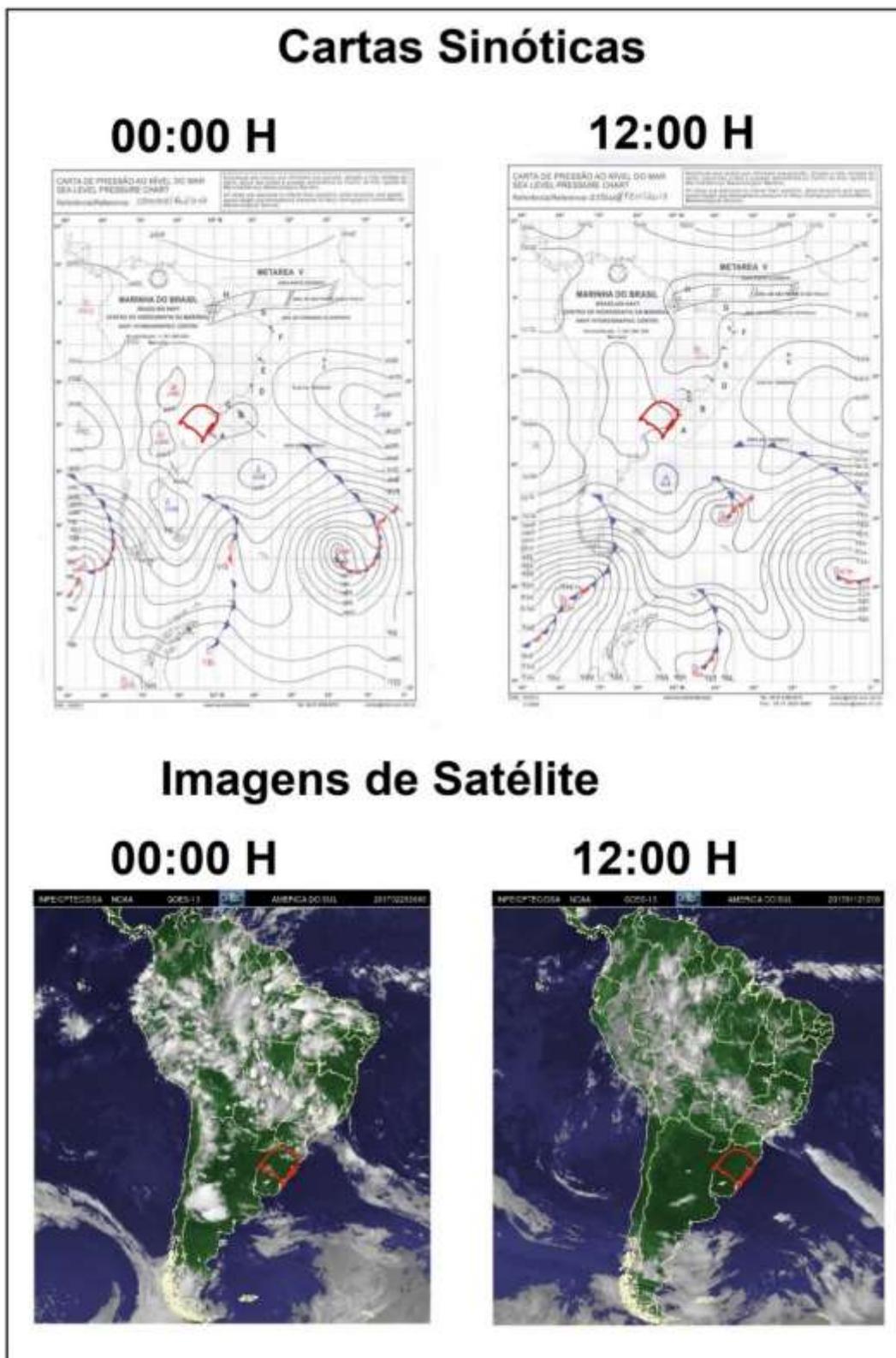
## 5.5 CAMPO DO DIA 25 DE FEVEREIRO DE 2017

### 5.5.1 Identificação dos sistemas atmosféricos

Segundo os dados da estação meteorológica de Ibirubá, as temperaturas variam de 20,3 °C à 29,7 °C durante o dia 25 de fevereiro de 2017. A umidade relativa do ar apresentou uma variação de 60% à 98% ao longo do dia, a pressão atmosférica também se manteve relativamente baixa, abaixo de 1013 mb durante. Já os ventos registrados, variaram de 0,4 m/s à 2,9 m/s, cujo a velocidade média foi de 1,6 m/s.

As cartas sinóticas e imagens de satélite Goes-13 colorida foram utilizados para identificação dos sistemas atmosféricos e o tipo de tempo referentes ao quarto e último trabalho de campo, também realizado no período do verão, na data de 25/02/2017 podem ser analisadas por meio da Figura 51.

Figura 51 - Carta Sinótica e imagem de satélite referentes ao dia 25 de fevereiro de 2017.



Consegue-se observar na figura 51 que o estado do Rio Grande do Sul está sob domínio da Massa Tropical Continental (mTc) com centro de pressão de 1008hPa sobre o estado do Rio Grande do Sul. Este sistema atmosférico intertropical tem origem na Baixa do Chaco Nimer. Assim o ar quente e seco da planície do Chaco é reforçado pela subsidência superior desse ar frio e seco que dotado de movimento divergente torna-se a principal responsável pela formação da mTc de elevada temperatura e baixa umidade (MONTEIRO, 1963).

Este tipo de domínio atmosférico prevê entre outros tipos de tempo, a participação do tipo de “Tempo Depressionário Continental” que segundo Sartori (2003. p. 34).

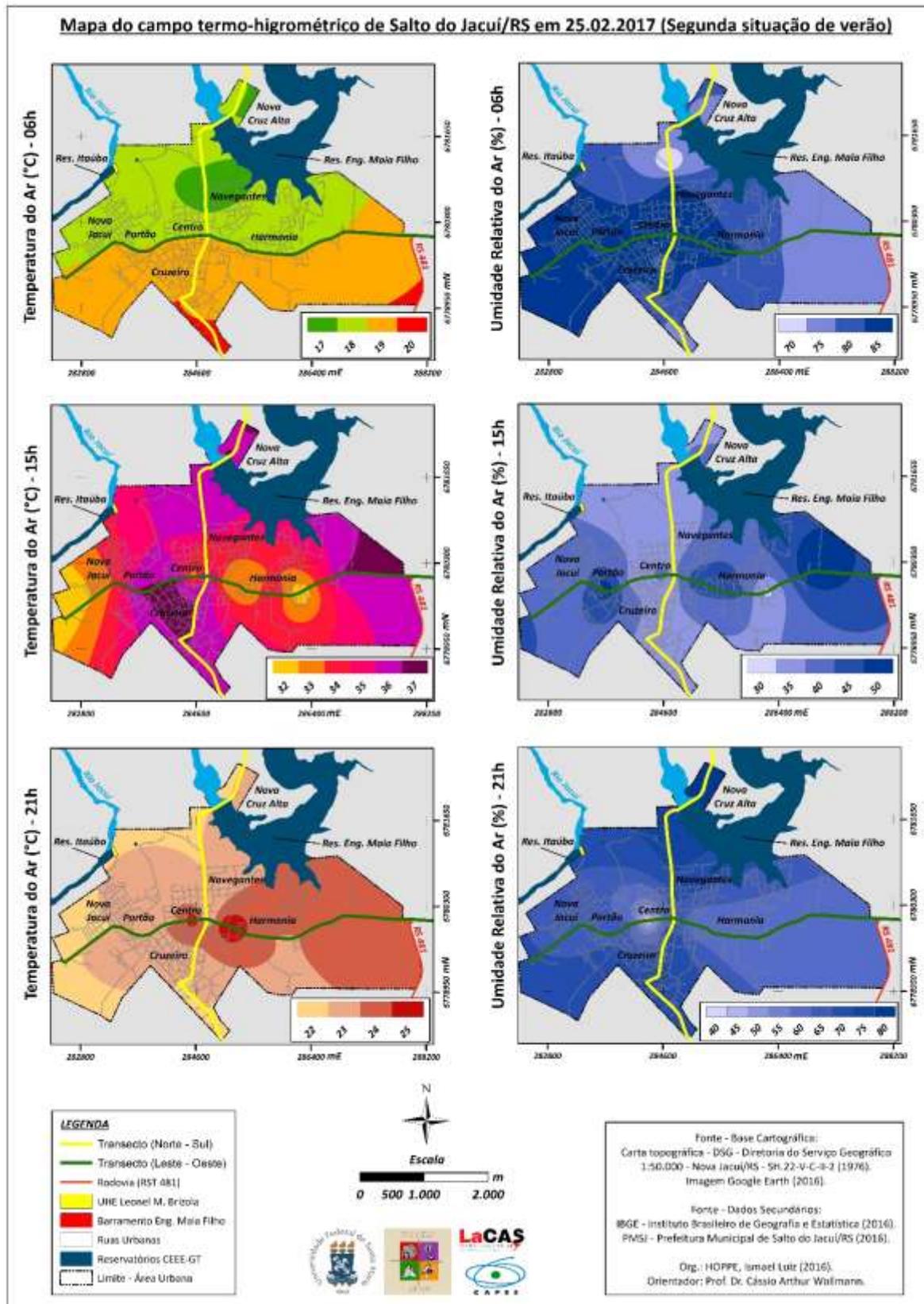
...resulta da expansão da Massa Tropical Continental, devido ao aprofundamento da Depressão do Chaco, que eventualmente atinge o Rio Grande do Sul. Esse tipo de tempo é dos mais característicos, pois as temperaturas máximas são quase sempre superiores a 35°C, com pressão atmosférica muito baixa (inferiores às demais situações pré-frontais sob domínio da MPV, da MTA ou da MTAc), baixa umidade relativa pela origem continental da massa de ar e pela forte insolação, ventos do quadrante oeste (W e NW) de intensidade variável.

Nesse sentido os dados coletados em campo e na estação meteorológica de Ibirubá registraram temperatura entre 19,4°C e 29,7°C (e amplitude de aproximadamente 10,3°C), umidade relativa do ar acima de 60% e pressão atmosférica diminuindo. São as características comuns do tempo em relação à dinâmica atmosférica pertinente no dia 25 de fevereiro de 2017.

### **5.5.2 Análise dos Transectos móveis**

O quarto campo foi realizado no dia 25 de fevereiro de 2017 sendo esse o segundo episódio do período vernal. Neste campo foram novamente realizadas medições afim de comparação com as medições anteriores realizadas. Neste dia as condições de tempo foram favoráveis com ausência de vento e apresentou céu limpo o dia todo com presenças de nevoeiros leve em alguns pontos sendo eles próximo ao reservatório e em vales apresentando orvalho e não apresentou vento.

Imagem 52 - Mapas do campo termo-higrométrico de Salto do Jacuí/RS no dia 25/02/2017 (Segunda situação do verão)



Org: Os autores

Analisando o perfil das 6h nota-se que as temperaturas foram homogêneas na área urbana de Salto do Jacuí. Percebe-se que as áreas mais aquecidas correspondem a porção sul e as menores temperaturas ocorreram na porção norte da zona urbana.

A maior temperatura registrada neste horário foi de 20 °C na porção sul, no ponto 13. Já a menor temperatura registrada foi de 17 °C e ocorreu ao norte no ponto 05, uma área densamente arborizada.

Pode-se dizer que o urbano influenciou a temperatura do ar neste horário pois o resfriamento verificado ao longo dos transectos correspondem ao balanço negativo de radiação, visto que neste horário é que ocorrem as temperaturas mínimas da cidade.

A umidade relativa do ar registrada no primeiro horário de coleta variou de 70% à 85% ao longo dos dois transectos moveis. Observa-se que os maiores valores registrados estão na porção oeste e central da cidade e os menores valores foram registrados na porção sul e leste.

Isso se justifica, porque na porção oeste apresenta uma maior vegetação e no centro da cidade apresenta esses valores mais alto pois as construções ao longo do transecto móvel fazer sobram. O que faz com que a umidade relativa para essa área não caia.

Às 15h as temperaturas registradas foram típicas de um dia de verão com domínio tropical continental sendo bastante elevadas e as maiores registradas no verão em comparação com o trabalho de campo do dia 12 de janeiro de 2017.

A forte insolação, a ausência de nuvens, a baixa ventilação e o domínio atmosférico tipicamente tropical favorecem o registro de temperaturas elevadas entre 32 °C e 37 °C.

O bairro Cruzeiro configurou um núcleo de calor de baixa magnitude. Neste bairro foi registrada a maior temperatura (37 °C). Amorim (2013) relata que a temperatura do ar é mais elevada e a umidade relativa do ar é mais baixa nos horários das 15 e 21 horas resultado do calor acumulado na superfície urbana durante a manhã e início da tarde.

Postigo e Souza (2007) acrescentam que as construções funcionam como um local de armazenamento de calor aumentando a temperatura do ar de seu entorno.

As menores temperaturas das 15h foi registrado na porção oeste onde a presença de vegetação e em dois pontos do bairro Harmonia. Que se justifica e

confirmado por Dacanal et al. (2008) que os fundos de vales em áreas urbanas interferem no clima e quando vegetados proporcionam a formação de microclima mais úmido e com menor temperatura.

Conseqüentemente a umidade relativa do ar apresentou uma redução em seus valores registrados ao longo dos perfis das 15h. Não ultrapassando os 50% ao longo dos transectos. Isso se justifica pela concentração das altas temperaturas registradas neste horário.

Analisando o campo térmico das 21h percebe-se que as maiores temperaturas foram registradas na porção leste e centro da área urbana de Salto do Jacuí. Neste dia as maiores temperaturas foram de 25 °C e foram registradas no perfil leste-oeste.

Os bairros Centro e Harmonia registraram o maior valor da temperatura. Pode-se dizer que nestes dois bairros houve uma configuração de um núcleo de calor de baixa magnitude, causada pela intensa urbanização destes dois locais.

A menor temperatura registrada neste horário foi de 22 °C nas áreas rururbanas, caracterizado pela presença de matas, lavouras e campos. A presença de vegetação reduz a temperatura e gera um microclima mais úmido e fresco o que já foi observado e estudado por vários pesquisadores.

Lombardo (1985) afirma que regiões com maior concentração de áreas livres com vegetação e nas proximidades ou junto aos reservatórios d'água as temperaturas sofrem declínios acentuados.

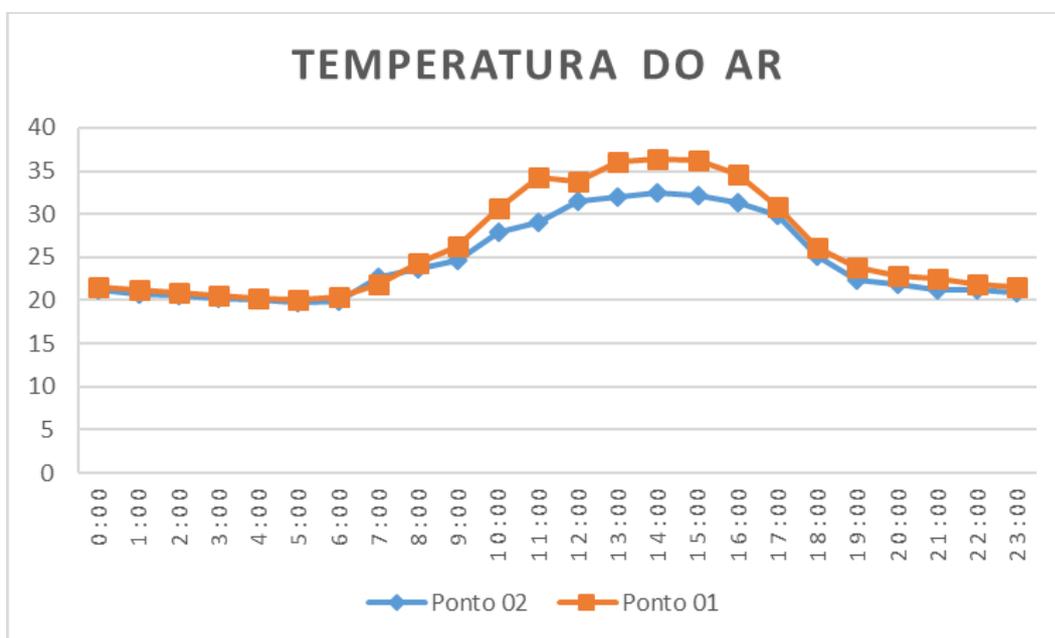
Além do sombreamento, auxilia no controle da radiação solar a vegetação contribuindo de forma significativa ao estabelecimento de microclimas. Normalmente nos locais vegetados o solo também é mais úmido favorecendo os processos de evaporação dessa água do solo (SANTAMOURIS, 1996).

A umidade relativa do ar das 21h variou de 40% à 80% sendo os valores mais altos na porção norte, às margens do reservatório e área de densa reflorestamento e ao sul foram registradas os maiores valores também em áreas com grande presença de vegetação. Comprovando com autores já citados neste trabalho como: Lombardo (1985), Santamouris (1996), entre outros. E os menores valores foram registrados na porção central da cidade o que também corrobora com pesquisas aqui já citadas.

### 5.5.3 Análise dos pontos fixos da área urbana de Salto do Jacuí – RS

A figura 53 apresenta o gráfico relativo a medições da temperatura do ar no centro da cidade de Salto do Jacuí, ponto 01 e às margens do reservatório artificial Engenheiro Maia Filho, ponto 02 do dia 25 de fevereiro de 2017.

Figura 53 - Gráfico da temperatura relativa do ar referente às medições do dia 25 de fevereiro de 2017



Org: O autor

O gráfico da figura 53 mostra que durante o período das 00h horas até às 06h da manhã do dia 25 de fevereiro de 2017, nos pontos 01 e 02 não houve uma alteração significativa entre esses pontos. Neste período de tempo foi registrado temperaturas mais elevadas no ponto 01 que está localizado no centro da cidade em comparação ao ponto 02 registrando uma diferença que variou de 0,1 °C a 0,5 °C. Essa menor diferença ocorreu às 06h da manhã.

Conforme vai passando as horas o balanço da temperatura é negativo (até as 06h), elevando sua temperatura após as 07h da manhã quando o balanço da radiação é positivo, fazendo com que a temperatura se eleva. Retornando a diminuir após as 16h, progressivamente e atrás 23h.

Às 07h da manhã é o único momento do dia em que o ponto de coleta 02, registra a temperatura mais elevada em consideração ao ponto 01. Registrando uma diferença de 0,8 °C entre esses locais. Desta forma os dados registrados nesta pesquisa corroboram com a pesquisa de Geiger (1961), o mesmo relata que o comportamento da água e do solo relacionados a radiação em onda curta são basicamente diferentes. A água demora mais para aquecer em relação ao solo e o resfriamento da água é mais lento do que a solo.

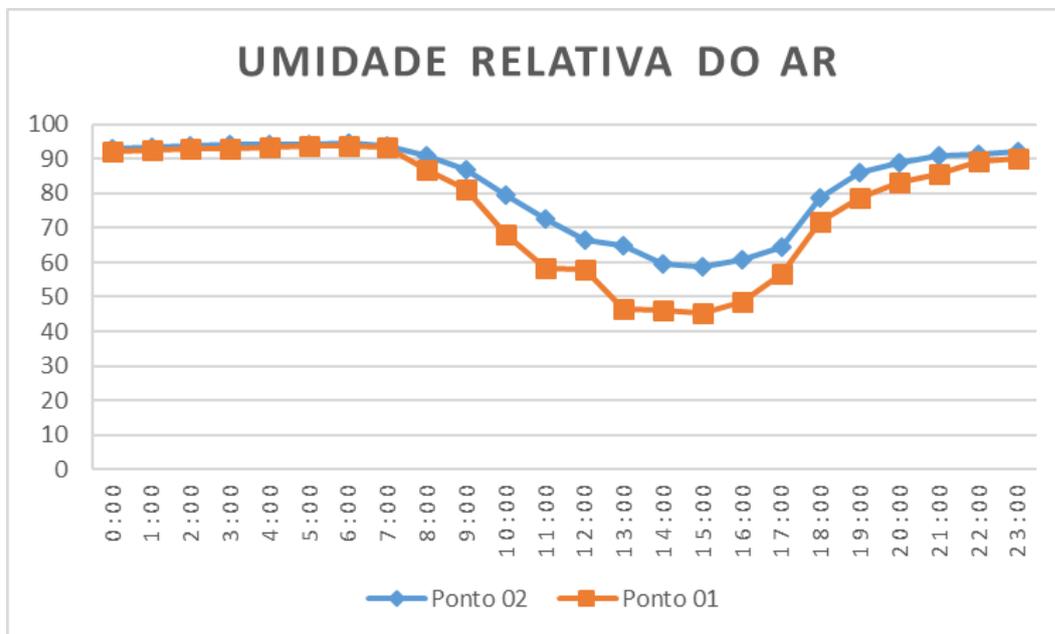
Como pode ser observado no gráfico 53 o ponto 02 registra temperatura inferior em relação ao ponto 01 ocorrendo apenas às 07h da manhã o inverso. As temperaturas se elevam com o passar das horas pela presença do Sol. No município do Salto do Jacuí entre o período das 08h da manhã até 15h a temperatura sobe gradativamente nos dois pontos. A diferença entre os pontos varia de 0,7 °C no início da manhã chegando a registrar uma diferença de até 4,1 °C às 15h.

Essa diferença entre os pontos está associada às diferenças entre as zonas urbanas e a distribuição dos espaços intra-urbanos e ainda associados às condições específicas do relevo, à densidade de áreas verdes e corpos hídricos são fatores que influenciam diretamente no clima. Portanto, indiferente do porte da cidade o processo de urbanização gera clima urbano (LIMA; AMORIM, 2008). Já Sette; Tarifa (1996) enfocam os modelos de construção associados as zonas urbanas pois intensifica substancialmente o aquecimento do solo e da atmosfera, enquanto a forma rebaixada do sítio urbano diminui a intensidade dos ventos e aumenta a estabilidade atmosférica.

Os dados encontrados nesta pesquisa novamente corroboram com Spirn (1995), que afirma que na cidade, singularmente nas áreas centrais que apresentam edificações mais elevadas e maior adensamento das estruturas urbanas, são mais quentes e menos ventilados que nas zonas periféricas. Que por sua vez se dispõem geralmente com maior existência de vegetação, sem edificações muito altas e menor adensamento urbano e populacional. Em virtude disso há um aumento na temperatura do ar nas áreas centrais e como consequência um maior desconforto térmico nos meses de verão.

A figura 54 mostra o gráfico das umidades relativas do ar nos dois pontos da área urbana de Salto do Jacuí para o dia 25 de fevereiro de 2017.

Figura 54 - Gráfico da umidade relativa do ar referente às medições do dia 25 de fevereiro de 2017



Org: O autor

Como pode ser visualizado no gráfico da figura 54 o período da 00h às 05h da manhã, pode-se dizer que não houve uma diferença significativa da umidade relativa do ar entre os pontos de coleta do município de Salto do Jacuí. A diferença entre eles foi de 1% chegando a registrar a mesma umidade em ambos os locais. O ponto 02 registrou sempre os maiores valores de umidade relativa do ar neste dia. Apenas registrando às 05h da manhã o mesmo valor que o ponto 01.

No município de Salto do Jacuí os dados coletados nos dois pontos a partir das 08h a temperatura começa a diminuir gradativamente até as 15h no ponto 02 e até as 16h no ponto 01. Este fator está relacionado ao balanço positivo da radiação, que vários autores relatam que quando o balanço da radiação é positivo a umidade relativa diminui. Posteriormente a umidade relativa do ar começa a se elevar gradualmente nos dois pontos, isso ocorre, pois, o balanço da radiação é negativo.

Como já citado anteriormente observa-se no gráfico da figura 54 que a umidade relativa do ar no ponto 02 é maior em relação ao ponto 01, essa diferença varia de 1% a 18%, sendo que as 13h é a maior variação entre os pontos. Entre as principais características que os autores citam que a cidade sendo elas, a produção e o consumo de energia secundária são altos; grande importação e exportação de materiais, enorme quantidade de dejetos; elevação em vários metros da superfície do solo

(verticalização); forte contaminação do ar, do solo e da água; diminuição das águas subterrâneas; destruição do solo; desenvolvimento de um clima tipicamente urbano, com maiores temperaturas e baixa umidade relativa (núcleo de calor); espaço heterogêneo e em mosaico; desequilíbrio em favor dos organismos consumidores, baixa produtividade primária e débil atividade dos organismos detritívoros; mudanças fundamentais nas populações vegetais e animais.

E com a verticalização aumenta a superfície de absorção de calor, e a superfície impermeabilizada faz com que as águas escoem mais rapidamente diminuindo a umidade do ar, evaporação, transpiração o que ocasiona o aumento do aquecimento, gerando problemas relacionados com a qualidade ambiental.



## 6. CONCLUSÃO

Em relação a metodologia de estudo e o mapeamento da qualidade ambiental trabalhados pode-se considerar que a cidade do Salto do Jacuí apresenta uma qualidade ambiental razoável. Tendo em vista que dos 7 elementos analisados a área urbana apresenta de 3 à 4 máximo elementos negativo em determinados locais. Porém apesar de ser poucos elementos negativos isso já foi o suficiente para criar ilhas de calor.

Esta metodologia ressalta um grande valor para mostrar pontos dentro da área urbana que apresentam atributos negativos que diminuem a qualidade ambiental, assim esta pesquisa tem o intuito de avaliar a tomada de decisão por parte dos gestores ambientais competentes na essência de estratégias para o planejamento integrado da paisagem urbana tendo em vista a melhoria da qualidade ambiental.

Com relação aos sistemas atmosféricos que atuaram nos quatro campos realizados nesta pesquisa foram identificados em cada campo foram registrados diferentes sistemas atmosféricos e tipos diferentes de tempo entre eles. No período invernal, no dia 28 de julho de 2016, a área de estudo estava sobre o domínio da mPa, e a participação do Tempo Anticiclônico Polar Marítimo. Já no dia segundo dia 26 de agosto de 2016, este dia estava sobre domínio da mTa, e participação do tipo de Tempo Anticiclônico Tropical Marítimo.

Já nos campos do período vernal, no dia 12 de janeiro de 2017, estava sobre domínio da mPa e participação do tipo de Tempo Anticiclônico Aquecido. No último dia de campo que foi realizado no dia 25 de fevereiro de 2017, estava sobre domínio da mTc e participação do tipo de Tempo Depressionário Continental.

O núcleo de calor ocorreu predominantemente nas áreas onde a qualidade ambiental é baixa, ocorrendo nos bairros Centro e Cruzeiro. Sendo estes onde se verifica a presença de um maior número de atributos negativos. Dessa maneira conclui-se que os núcleos de calor gerados na área urbana de Salto do Jacuí são um produto da relação homem e natureza. O que vem constituir num indicador da qualidade ambiental urbana. Sendo está ocorrência uma relação direta com a qualidade ambiental da cidade.

Na análise dos dados dos transectos que foram coletados percebe-se que o posicionamento do relevo, a disposição das vertentes, a área de reflorestamento e o reservatório foram determinantes na definição do sistema termodinâmico do clima

urbano de Salto do Jacuí. Tanto no inverno quanto no verão foram constatados temperaturas e valores de umidade relativa do ar heterogêneas com variações na região central e também no seu entorno rural próximo. A influência da orientação das vertentes, o reservatório e o entorno rural próximo também tem ação direta no clima urbano. Estes componentes, portanto influenciam na configuração do clima urbano de Salto do Jacuí.

Notou-se que não houve a configuração de núcleo de calor no horário das 06h, visto que este horário toda a área urbana encontra-se em processo de resfriamento associado ao balanço negativo de radiação. Os núcleos de calor registradas ocorreram nos horários de maior aquecimento do ar às 15h e às 21h quando a área mais aquecida começa a liberar lentamente a energia acumulada durante o dia favorecendo a definição dos núcleos de calor noturnas.

Em relação aos pontos fixos, o primeiro ponto, por sua vez, tem como características menor cobertura vegetal, maior quantidade de residências e passagem considerável de automóveis. Assim, esse ponto situa-se mais afastada do reservatório e em maior altitude. O ponto 02, observou-se uma menor concentração de moradias o que vem a apresenta uma maior cobertura vegetal de grande porte no seu entorno. Esse ponto está às margens do reservatório, e a uma altitude poucos metros inferior do que a primeira área avaliada nesta pesquisa.

Os resultados analisados indicaram que a temperatura varia de acordo com os elementos climáticos advindos da paisagem e uso do solo de cada localidade assim como dependente da estação predominante em cada período do ano. Nos meses do verão nota-se um aumento na temperatura relativa do ar e diminuição para umidade relativa do ar. Enquanto no inverno ocorre o inverso com uma queda na temperatura relativa do ar e aumento da umidade relativa do ar.

Nesta pesquisa ficou evidente que as principais influências no clima urbano de Salto do Jacuí provêm do entorno rural próximo da cidade. Estando ligados ao tipo de uso e cobertura da terra e não somente ou principalmente das características e elementos que estão presentes no sítio urbano. Contudo fatores como o relevo e circulação do ar entre os pontos também são relevantes para caracterização do clima local. De modo que afetam a temperatura e umidade relativa do ar das áreas em estudo.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, M.C.C.T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. 2000, 374 f. Tese (Doutorado em Geografia) –Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

\_\_\_\_\_. Características do clima urbano de Presidente Prudente (SP). In: SANT'ANNA NETO, João Lima (org.). **Os climas das cidades brasileiras**. Presidente Prudente: [s.n.], 2002. p. 165-196.

\_\_\_\_\_. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Revista Mercator** edição especial, Fortaleza, 2010.

ANDRADE, H. O clima urbano – natureza, escalas de análise e aplicabilidade. Lisboa: **Finisterra**, Lisboa. N. 80, p. 67-91, 2005.

ARAÚJO, L. C. **Memória sobre o clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1930.

ARAÚJO, R, R; SANT'ANNA NETO, J. L. O processo de urbanização na produção do clima urbano de São LuísMA. In: SANT'ANNA NETO, João Lima. (Org.). **Os climas das cidades brasileiras**. Presidente Prudente: [s.n], 2002, p.21-41.

ARMANI, G.; GALVANI, E. Avaliação do desempenho de um brigo meteorológico de baixo custo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v. 14, n. 1, p. 116-22, 2006.

ARNFIELD, A.J. Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International jornal of climatology**, London, v.23, n.1, p1-26,2003.

ATLAS EÓLICO. **Atlas Eólico do Rio Grande do Sul**. 2014 Disponível em: <<http://minasenergia.rs.gov.br/atlas-eolico-2016-03>>. Acessado em: abril de 2017.

AYOADE, J.O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**, 3ª ed. Rio de Janeiro-RJ: Bertrand Brasil S.A., 1991. 332p.

ARNFIELD, A.J. Two decades of urban climate research: A review of urbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International jornal of climatology**, London, v.23, n.1, p1-26, 2003.

ASSIS, W. L. **O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte naperspectiva têmporo-espacial**. 2010. 319 f. Tese (Pós-Graduação em Geografia) Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Belo Horizonte, 2010.

BARATTO, J. **Variabilidade da precipitação pluviométrica na bacia Hidrográfica do Alto Jacuí-RS**. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria - RS, 2017.

BLAVATI, A.; FAGUNDES, R. A.; SOUZA, D.; SANCHES, F. A influência do lago da UHE de Itá nas precipitações mensais em Marcelinho Ramos (RS). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. 16. **Anais...** Piauí, 2015.

BOLDRINI, I.I. Campos do Rio Grande do Sul: caracterização fisionômica e problemática ocupacional. **Boletim do Instituto de Biociências da UFRGS**, v.56, p.1-39, 1997.

BRANCO, P. A riqueza brasileira em gemas. I Seminário sobre design e gemologia de pedras, gemas e joias do Rio Grande do Sul, 2009, Soledade. **Anais eletrônicos**. CD-ROM.

BRASIL BRASILEIRO. USINAS HIDRELÉTRICAS DO BRASIL. Disponível em: <<https://brasilbrasileiro1001.wordpress.com>>. Acesso em 9 de abril de 2017.

BREUNIG; F. M; PAZ; M. O; ROBAINA; L. E. S; MEDEIROS; E. R; PIRES; C. A; BRUM L. O Rio Grande do Sul através do tempo geológico: proposta didática. Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. 10. **Anais**. Rio de Janeiro. 2003.

CAMPOS, F. S. **Estudo de variabilidade de precipitação**, 1990. Monografia (Graduação de Geografia) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, São Paulo. p. 56.

CARUANO, F.I.A.; AMORIM, M.C.de C.T. Estudo do campo térmico em Araraquara/SP a partir de medidas móveis. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. 2006, Rondonópolis-MT. **Anais...** Rondonópolis: Universidade Federal de Mato Grosso, 2006.

CAVALHEIRO, F. Urbanização e alterações ambientais. In: TAUKE, S.M. **Análise Ambiental**: uma visão multidisciplinar, São Paulo: UNESP-FAPESP, 1991, p. 88-99

CEEE. GERAÇÃO DE ENERGIA. **Planos de uso e ocupação do solo do entorno dos reservatórios do Sistema Jacuí**. Disponível em: <<http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/Component/Controller.aspx?CC=1753>>. Acesso em 23 de abril de 2017.

CMSA. CMSA Participações S.A. Disponível em: <<https://http://cmsapar.com.br/index.php>>. Acesso em 1ª de maio de 2017.

COELHO, A. L. Geomorfologia fluvial de rios impactados por barragens. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 9, n. 26. p. 16-32, 2008.

CHORLEY, R.J. & BARRY. R.G. **Atmosfera, Tiempo y Clima**. Barcelona-Spain: Omega, S.A, 1972. 395p.

COSTA, I. R., **O campo térmico e a qualidade urbana em Chapecó/SC**, 2015, Tese de doutorado em geografia, Universidade Estadual Paulista faculdade de ciências e tecnologia programa de pós-graduação em geografia. Presidente Prudente/SP, 2015.

COSTA, T. O. **Eventos de precipitação extrema associados às inundações na área urbana de Bragança – PA**. 2014. 210f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria - RS, 2014.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Geológico do Rio Grande do Sul**. 2012. Disponível em: < <http://www.cprm.gov.br/>>.

DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Aspectos temporo-espaciais da temperatura e umidade relativa de Porto Alegre em janeiro de 1982**: contribuição ao estudo do clima urbano. 1987. (Dissertação de Mestrado) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

DIAS, N. L.; OKAWA, C. M. P.; ARAÚJO, A. A. M.; GOBBI, M. F. Estudo dos impactos sobre o clima regional do reservatório de Itaipu. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 15.1999, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 1999 (CD-ROM).

DOUGLAS, I. **The urban environment**. London: Edward Arnold (Publishers) Ltda, 1983, 229p.

DU, H.; WANG, D.; WANG, Y.; ZHAO, X.; QIN, F.; JIANG, H.; CA, Y; Influences of land cover types, meteorological conditions, anthropogenic heat and urban area on surface urban heat island in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration, **Science of the total Environment**, v.571, p461-470. Acesso em: 20 jan. 2017 <<https://www.journals.elsevier.com/science-of-the-total-environment/>>. 2016.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C.; LONGUI, S. J. Composição e estrutura da mata secundária no vale do rio Jacuí, RS. **Ciência & Natura**, v. 4, p. 129–139, 1982.

FERRAZO, S.; AGAZZI, L.; PILLA, T. P.; SANCHES, F. A influência do lago da UHE de Passo Fundo (RS) nas precipitações mensais. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. 16. **Anais...** Piauí, 2015.

FUNDAÇÃO DE ESTATÍSTICA E ECONOMIA. **FEE Dados**. Disponível em:<[http://feedados.fee.tche.br/consulta/sel\\_modulo\\_pesquisa.asp](http://feedados.fee.tche.br/consulta/sel_modulo_pesquisa.asp)>. Acesso em 24 de abril de 2017.

FIALHO, E. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte**: caso de Viçosa, na zona da mata mineira. 2009, 279f. Tese (Doutorado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Tradução: Sílvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 248p.

GEIGER, R. Manual de Microclimatologia – **O clima da camada de ar junto ao solo**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961. 556 p.

GRIMM, A. M. **Meteorologia básica**, 1999. Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/>>. Acesso em 16 de agosto de 2015.

GRIMM, Alice Marlene. Verificação de variações climáticas na área do lago de Itaipu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 5. 1988. **Anais...** Rio de Janeiro, 1988.

GUIDON, Maria Antonieta Aguiar de Oliveira. **Estudo das variações climáticas na área do lago de Tucuruí**. 1991. 2 v. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

HOPPE, I. L.; IENSSE, A. C.; SIMIONI, J. P. D.; WOLLMANN, C. A. Comparação entre um abrigo meteorológico de baixo custo e a estação meteorológica oficial no INMET, em Santa Maria (RS). **Ciência e Natura**, v. 37, p. 132-137, 2015.

HOWARD, L. **The climate of London deduced from meteorological observations made in the metropolis and at various places around it**. 2ª ed. V.3, London: J. & A. Arch, Cornhill; Longman & Co. 1833.

HOUET, T.; PIGEON, G.; Mapping urban climate zones and quantifying climate behaviors e An application on Toulouse urban area (France), **Environmental Pollution**, V. 159, p.2180-2192, 2011. Acesso em: 20 jan. 2017. <<https://www.journals.elsevier.com/environmental-pollution>>.

IBGE. **Mapa de clima do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2002: color. 1: 5000000.

IBGE. **Cidades@:** censo 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> >. Acesso em: abril 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidade**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=430637&search=rio-grande-do-sul|dilermando-de-aguiar|infograficos:-informacoes-completas>> Acesso em abril 2017.

KANDA, M. Progress in urban meteorology: a review. **Journal of the meteorological society of Japan**, Tokyo, v.85b, p.363-383, 2007.

KLEGLER, J. J. **O clima de cidades pequenas:** configuração urbano-rural com uso de transectos móveis em Agudo/rs. 2016 Dissertação de mestrado (Pós-Graduação em Geografia) Instituto de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Santa Maria, 2016.

KEGLER, J. J; WOLLMANN, C. A.; DUARTE, V. A.; HOPPE, I. L.; IENSSE, A. C. Variabilidade espacial da temperatura do ar com uso de transectos móveis em Erechim/RS, sob domínio polar em processo de tropicalização. **LI**, v. 38, p. 215-224, 2016.

KREBS, C.J. **Ecological methodology**. 2. ed. Menlo Park: Addison Wesley Logman, 1999. 620p.

KÖEPPEN, W. Versuch einer Klassifikation der Klimate, Vorzugweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. – Geogr. Z., **6**, 657-679. 1900.

LANDSBERG, H.E. Man-Made Climatic Changes. **Science**, n.170, p. 1265-1274, 1970.

LA SALVIA, I. F. & MARODIN, E. Evolução Municipal: uma Análise Geográfica. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, n. 19, 1976.

LIMA, V; AMORIM, M.C.C.T. A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades. **Revista Formação**, Presidente Prudente, nº13, p. 139-165, 2006.

LIMA, A.P.; AMORIM, M.C.de C.T. Contribuição ao Estudo de Clima Urbano em cidades de pequeno porte: o caso de Rosana/SP. In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. 2008, Alto do Caparaó-MG. **Anais...** Alto do Caparaó: Universidade Federal de Uberlândia, 2008.

LIMA, N. R. de, et al. Clima urbano no Brasil: análise e contribuição da metodologia de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, Manaus, v.2, n.5, p.626 – 638, 2012.

LIMA, V. **A sociedade e a natureza na paisagem urbana**: análise de indicadores para avaliar a qualidade ambiental. 2013. 359f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia-Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2013.

LEANDRO FILHO, F. A. Estudo numérico da ilha de calor em fortaleza utilizando o modelo Rams. Monografia (Graduação em Física do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.

LONGUI, S. J.; DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. A vegetação da mata ribeirinha no curso médio do rio Jacuí, RS. *Ciência e Natura*, v. 4, p. 151-161, 1982.

LOMBARDO, M.A. **Ilhas de calor nas metrópoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: HUCITEC, 1985. 244 p.

MACHADO, F. P. **Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Serviço Geográfico do IBGE, 1950.

MACHADO, A.J; AZEVEDO, T.R de. A distribuição espacial dos termos do balanço de energia em superfície a partir de imagem orbital e observação de campo, **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, vol.19, p. 81–91, 2006.

MASCARÓ, J.; MASCARÓ, L.; AGUIAR, C. Cidade: energia, arborização urbana e impacto ambiental. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, UFSM, v.1, n.1, p. 59-72, jul.1990.

MARCHIORI, J. N. C.; LONGUI, S. J.; DURLO, M. A. A vegetação de capoeira na região do curso médio do rio Jacuí, RS. *Ciência & Natura*, v. 4, p. 141-150, 1982.

MARCUZZO, S.; PAGEL, S. M.; CHIAPPETTI, M. I. S. **A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica no Rio Grande do Sul**: situação atual, ações e perspectivas. São Paulo, Consórcio da Mata Atlântica e Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Caderno 11, 1998. 60p.

NASCIMENTO, M.D.do; SARTORI, M. da G. B. O campo térmico da área urbanizada do campus da UFSM-RS. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. 2006, Rondonópolis-MT. **Anais...** Rondonópolis: Universidade Federal de Mato Grosso, 2006.

MENDONÇA, F. A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno**: proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina-PR. 1994. 300f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

\_\_\_\_\_. O clima urbano de cidades de porte médio e pequeno: aspectos teóricos metodológicos e estudo de caso. In: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J.A. (Org.). **Variabilidade e mudanças climáticas-implicações ambientais socioeconômicas**. Maringá: ed. da UEM, 2000. p.167-192.

\_\_\_\_\_. O estudo do clima urbano no Brasil: evolução, tendências e alguns desafios. In: MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. (org). *Clima urbano*. São Paulo:Contexto, 2003.

MENDONÇA, M. **A dinâmica tempo-espacial do clima subtropical na região conurbada de Florianópolis/SC**. 2002. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia/ FFLCH/USP, São Paulo, 2002.

MENDONÇA, S. F; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2009.

MILANESI, M. A.; GALVANI, E. **Pluviômetro Experimental Para Localidades Remotas**. In.: *Climatologia Aplicada: Resgate aos Estudos de Caso*. Galvani, E.; Lima, N. G. B. (Orgs.). Curitiba: Editora CRV, 2012. v. 1. 1 ed. p.192.

MINAKI, C.; AMORIM, M.C.de C. Clima Urbano e Conforto Térmico em Guararapes/SP. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. 2006, Rondonópolis-MT. **Anais...** Rondonópolis: Universidade Federal de Mato Grosso, 2006.

MINAKI, C; AMORIM, M.C.C.T. Características das ilhas de calor em Araçatuba/SP: análise de episódios. **Revista Geonorte, Edição Especial 2**, Manaus, v.2, n.5, p. 279 – 294, 2012.

MONTEIRO, A. **O clima urbano do Porto**: contribuição para a definição das estratégias de planejamento e ordenamento do território. 1993, 436f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - FLUP, Porto, 1993.

MONTEIRO, C. A. F. **O clima da região Sul**. In: CATALDO, D. M. (Org.) Geografia do Brasil, Grande Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, 1963. p. 117-169.

\_\_\_\_\_. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo**. São Paulo: IGEOG/USP, 1973. 129p

\_\_\_\_\_. **Teoria e clima urbano**. 1976. 181f. Tese (Livre Docência) – Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976b.

\_\_\_\_\_. **Qualidade ambiental** - Recôncavo e regiões limítrofes. Salvador: Centro de Estatísticas e Informações, 1987, 48p.

\_\_\_\_\_. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil. **GEOSUL**, Florianópolis – SC, nº 9 - Ano V – 1º semestre, p. 07-19. 1990a.

\_\_\_\_\_. A cidade como processo derivador ambiental e a geração de um clima urbano: estratégias na abordagem geográfica. **GEOSUL**, Florianópolis – SC, nº 9 - Ano V – 1º semestre, p. 80-114. 1990b.

\_\_\_\_\_. Teoria e clima urbano um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C.A.F; MENDONÇA, F (Orgs.). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003, p.9-67.

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

MORATO, R.G. **Análise espacial e desigualdade ambiental no município de São Paulo**. 2008. Tese (Doutorado em Geografia Física) -FFLCH/USP. São Paulo, 2008.

NIMER, E. Clima. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil**: Região Sul. Rio de Janeiro: ed. do IBGE, vol.5, 1977.

\_\_\_\_\_. **Climatologia do Brasil**. 2ªed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NUCCI, J.C. **Qualidade ambiental e adensamento**: um estudo de Planejamento da Paisagem do Distrito de Santa Cecília. 1996. 229 f. Tese (Doutorado em Geografia Física). Universidade de São Paulo, São Paulo.

\_\_\_\_\_. Metodologia para determinação da qualidade ambiental urbana. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.12, p.209-224, 1998.

\_\_\_\_\_. Análise sistêmica do ambiente urbano, adensamento e qualidade ambiental. **Revista Ciências Biológicas e do Ambiente**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 73-88, 1999.

\_\_\_\_\_. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**: um estudo de Ecologia e Planejamento da Paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). 2.ed. Curitiba: O autor, 2008, 150p.

\_\_\_\_\_. Mapeamento da qualidade ambiental urbana. **Anais...** do International Congress on Environmental Planning and Management – Environmental Challenges of Urbanization, Brasília, UCB, 2005.

OKE, T.R. **Inadvertent Modification of the City Atmosphere and the Prospects for Planned Urban Climates**. proc.symp.meteorol. Related to urban and regional land-use planning, 1976, Asheville. Proceedings. Geneva: World meteorol., 1976.

\_\_\_\_\_. Evapotranspiration in urban areas and its implications for urban climate planning. In: CONFERENCE TEACHING THE TEACHERS ON BUILDING CLIMATOLOGY, 1973, Stockholm, **Proceedings...** Stockholm: The National Swedish Institute for Building Research, 1973b. v. 2.

\_\_\_\_\_. **Boundary layer climates**. London: Methuen & Co, 1978. 372p.

\_\_\_\_\_. Climatic impacts of urbanization. In: in Bach, W., Pankrath, J. and Williams, J. (Eds.) *Interactions of Energy and Climate*, D. Reidel, Dordrecht. 339-56. 1980.

\_\_\_\_\_. *Boundary Layer Climates*. London: **Routledge**; 2nd ed., 1987, 435 p

PAULA, G. M. de. **O fenômeno El Niño Oscilação Sul e a Erosividade das Chuvas em Santa Maria, RS**. 2009. 55f. Dissertação (Mestrado Em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria. 2014.

PERLOFF, H. S. **La calidad del medio ambiente urbano**. Barcelona/Espanha: Oikos-tau S.A, 1973.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SALTO DO JACUÍ. História do município de Salto do Jacuí. Disponível em: <<http://www.saltodojacui.rs.gov.br/a-cidade/historia/>>. Acesso em 25 de abril de 2017.

PINHO, O.S.; ORGAZ, M.D.M. The urban heat island in a small city in coastal Portugal. **International Journal of Biometeorology**, n.44, p.198-203, 2000.

POMPÊO, C. A. Drenagem urbana sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos: Porto Alegre. Volume 5, nº. 1, 2000. p 15-23.

RIBEIRO, A. G. As escalas do Clima. **Boletim de Geografia Teorética**. Vol.23 (45-46).1993.

RODRIGUES, M. L. G.; CANÔNICA, E. Análise preliminar do impacto reservatório de Itá no clima local. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia. XIV. **Anais...** Florianópolis, 2006.

ROMERO, M.A.B. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Urbano**. Brasília: Ed. da UNB, 2001. 226p.

ROSSATO, P. S. **O sistema termodinâmico do clima urbano de Nova Palma/RS: contribuição ao clima urbano de pequenas cidades**. 2010. 121f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia e Geociências) - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria - RS, 2010.

ROSSATO. M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**.2011. 253 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SAKAMOTO, L. Os Microclimas e a “Configuração do Céu” na Área Central. In: TARIFA, J.R. & AZEVEDO, T.R. de. (Orgs.). **Os climas da Cidade de São Paulo: Teoria e Prática**. São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. FFLCH/USP. GEOUSP – (Coleção Novos Caminhos), v.4, p. 165-187, 2001.

SANCHES, F; FISCH, G. As possíveis alterações microclimáticas devido a formação do lago artificial da hidrelétrica de Tucuruí – PA. **Acta Amazônica**, Manaus, vol. 35, n. 1, p. 41-50, 2005.

SARTORI. M.G.B. **O clima de Santa Maria, RS: do regional ao urbano**. 1979. 166f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) -Departamento de Geografia/FFCLH/USP, São Paulo, 1979.

\_\_\_\_\_. Distribuição das chuvas no Rio Grande do Sul e a variabilidade têmporo-espacial no período 1912-1984. In: SMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA E APLICADA. 5., 1993a, São Paulo. Anais... São Paulo: USP, 1993a. 109

\_\_\_\_\_. As variações pluviométricas e o regime das chuvas na região central do Rio Grande do Sul. Boletim de Geografia Teórica. n. 23. p. 70-84. 1993b.

\_\_\_\_\_. A circulação atmosférica regional e os principais tipos de sucessão do tempo no inverno do Rio Grande do Sul, Brasil. Ciência e Natura, n. 15, p. 69-93, 1993c.

\_\_\_\_\_. A dinâmica do Clima do Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico. 2003, **Terra Livre**, São Paulo, Ano 19 – Vol. I n.20, P 27-49, Jan/jul. 2003.

SAYDELLES, A. P., SARTORI, M. G. B. Análise da insolação direta nas vertentes do Bairro Centro da cidade de Santa Maria-RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 10. 2007 Santa Maria. **Anais...** Santa Maria. 2007. p. 1-10.

SECRETARIA ESTADUAL DE MINAS, ENERGIA E TELECOMUNICAÇÕES. Atlas Eólico do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul. 2014.

SELLERS, A.H. & ROBINSON, P.J. **Contemporary Climatology**, New York-USA: Longman Group Limited, 1986. 440p

SEMA. SECRETÁRIA DO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/>>. Acesso em: abril 2017.

SEPLAG. **Mapa Geomorfológico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre. 2008. 1 mapa, color. Escala 1:4000.000. Porto Alegre, dezembro, 2008. Disponível em <[http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/conteudo.asp?cod\\_menu\\_filho=791&cod\\_menu=790&tipo\\_menu=APRESENTACAO&cod\\_conteudo=1330](http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu_filho=791&cod_menu=790&tipo_menu=APRESENTACAO&cod_conteudo=1330)>. Acesso em 30 out. 2016.

SERAFINI JUNIOR, S.; GALVANI, E.; LIMA, N. A. G. B.; ALVES, R. R. **Adequação da escala climatológica na análise climática para planos de manejo**: o Parque Estadual Intervales como estudo de caso. In: Emerson Galvani; Nádia Gilma Bezerra de Lima. (Org.). Climatologia aplicada: resgate aos estudos de caso. 1ed. Curitiba: Editora CRV, 2012, v. 01, p. 43-54.

SETTE, D. M. **Clima urbano de Rondonópolis – MT**. 1996. 242f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

SILVA, F. M.; Chaves, M. S.; Lima, Z. M. C.; Sistema de coleta de dados meteorológicos, 2009, **Livro Didático**, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte. 2009.

SILVA FILHO, V. P.; RABELO, J. K. L. Detecção de possíveis diferenças ocorridas no comportamento da atmosfera local, como consequência da introdução do lago Castanhão no estado do Ceará. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia. VXII. **Anais...** Gramado-RS, 2012.

SINDIPEDRAS. Sindicato indústria joalherias, mineração, lapidação, beneficiamento, transformação de pedras preciosas e semipreciosas do estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <[www.sindipedras.com.br](http://www.sindipedras.com.br)> Acesso em: março de 2017.

SPIRN, A. W. **O Jardim de Granito**: A natureza do Desenho da Cidade. São Paulo: Editora da USP, 1995. 345p.

SORRE, M. **Les Fondements de la Géographie Humaine**. Tome Premier: Les fondements biologiques. Paris: Armand. Colin, 1951.

SOUZA, M. B; GALVANI, E. Formação de Reservatórios e Influências no Microclima: Estudo da cidade de Presidente Epitácio, Estado de São Paulo, Brasil. In: VI Seminário Latino-americano de Geografia Física e II Seminário Ibero-americano de Geografia Física. **Anais...** Universidade de Coimbra, Portugal, 2010.

STIVARI, S. M. S. **Um estudo da brisa lacustre do lago de Itaipu**. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. 126p.

TAHA, H. Urban Climates and Heat Islands: Albedo, Evapotranspiration, and Anthropogenic Heat. **Energy and Buildings**, v.25, p. 99-103. 1997.

VIANELO, R.L. & ALVES, A.R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991. 449p.

WOLLMANN, C. A. **Zoneamento agroclimático para a produção de roseiras (Rosaceae spp.) no Rio Grande do Sul**. (Tese de Doutorado) Universidade de São Paulo, 2011.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Caracterização Climática Regional do Rio Grande do Sul: dos estudos estatísticos ao entendimento da gênese. **Revista Brasileira de Climatologia**. Vol. 11. Ano: 8. Pág. 87-103. 2012.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. **Zoneamento Agroclimático - Aportes teóricos, metodológicos e técnicas para o estudo das roseiras (Rosaceae spp.) no Rio Grande do Sul**. 1. ed. Porto Alegre: Buqui Livros digitais, 2014. v. 1. 149p.

WOLLMANN, C. A.; SIMIONI, J. P. D.; IENSSE, A. C. **Atlas climático da Estação Ecológica do Taim**: Contribuição ao estudo do clima em unidades de conservação no Rio Grande do Sul. 1. ed. Santa Maria: O autor. 2015. 300p.

ZÖLCH, T.; MADERSPACHERA. J.; WAMSLERB. C.; PAULEITC, S. Using green infrastructure for urban climate-proofing: An evaluation of heat mitigation measures at the micro-scale, 2016, **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 20, p. 305–316, 2016. Acessado em: 20 jan 2016, Disponível em: <20 (2016) 305–316>.