

Em obediência às cláusulas deste Tratado, as duas coroas ibéricas arcariam com a responsabilidade de devolver áreas que, no passado, tivessem se apropriado indevidamente.

Assim, o povoamento da cidade teve início por volta de 1789, quando chegou o grupo de soldados que constituíam a segunda subdivisão da Comissão Demarcadora dos limites da América Meridional.

Organizando o acampamento, a Comissão Demarcadora começa o trabalho de abertura de estradas, que posteriormente passariam a ser as principais artérias de circulação da futura cidade: a rua Pacífica, que descia a colina em direção ao Passo D'areia e que hoje é a rua Dr. Bozzano, e a rua São Paulo, atual rua do Acampamento (núcleo urbano inicial), onde se encontravam instalados o quartel e o escritório da comissão técnica de demarcação (Belém, 1989).

Já num primeiro momento, o núcleo inicial, que resultou na cidade de Santa Maria, indicava uma condição militar, representada pelo acampamento que aí se estabeleceu.

No entanto, a partida da Comissão Demarcadora em direção às Missões Orientais anexadas não implicou em retrocesso na povoação incipiente. Pelo contrário, o marco inicial já havia se consolidado, deixando a área sua condição de acampamento para assumir o papel de povoado em processo de expansão.

Segundo o IBGE (2000), Santa Maria conta com uma população de 243.396 habitantes, e de acordo com a Fundação de Economia e Estatística (1990), constitui-se na 5ª maior cidade do Rio Grande do Sul, destacando-se como importante centro político-econômico regional e grande pólo de atração populacional.

As características funcionais urbanas atuais de Santa Maria repousam, principalmente, no setor terciário (prestação de serviços), salientando-se o setor comercial e educacional.

A importância do setor comercial deve-se, segundo Sartori (1979, p.5):

(...), em primeiro lugar, a sua posição no centro do estado e, já que é bem servida por rodovias, atrai a população de várias cidades da região. Neste setor, Santa Maria destaca-se no comércio varejista, atacadista e no comércio especializado abastecendo os municípios vizinhos com produtos de primeira necessidade, ou mesmo de luxo.

Sua crescente projeção como centro educacional à torna, conforme observa Sartori (2000), no mais importante centro urbano do interior do Rio Grande do Sul neste setor, com ampla área de atuação, onde milhares de jovens de outras localidades (mesmo fora do Estado) se estabelecem à procura das escolas de Ensino Médio e dos cursos de graduação oferecidos pela Universidade Federal de Santa Maria, UNIFRA, ULBRA, FAMES, FADISMA, FAPAS e FASCLA.

A especialização do sistema médico-hospitalar proporcionou que Santa Maria assumisse importância regional, transformando-se num centro de serviços médicos para as populações dos municípios vizinhos, devido, principalmente, a presença do Hospital Universitário da UFSM (público), do Hospital de Caridade Dr. Astrogildo de Azevedo, Casa de Saúde, entre outros.

A função de grande centro ferroviário que a cidade já desfrutou, em relação aos transportes de passageiros, é atualmente inexistente. O setor rodoviário, devido à passagem por Santa Maria das mais importantes

rodovias do interior do Estado, substituiu praticamente todo o setor ferroviário, que mantém apenas serviço de transporte de cargas.

Santa Maria ainda desempenha importante função militar, devido à história de sua ocupação e também pela sua estratégica localização geográfica, abrigando grande número de unidades do Exército e da Força Aérea.

Conforme Sartori (1979), o setor secundário ocupa um percentual de população ativa inferior ao setor primário. A industrialização não tem muita expressão e é pouco diversificada. No geral, são indústrias de pequeno e médio porte, voltadas para o beneficiamento de produtos agrícolas ou para os setores mobiliários, metálicos, calçadistas, de laticínios, de bebidas, entre outros. A indústria da construção civil tem aumentado cada vez mais sua importância nos últimos anos e vem promovendo significativas alterações na topografia do espaço urbano santamariense, sobretudo nos bairros centrais da cidade.

5.2- Os sistemas atmosféricos regionais e o clima da região de Santa Maria

Na tentativa de caracterizar o ambiente climático local, recorreu-se aos estudos realizados por Sartori (1979, 1981, 1993 e 2000), os quais forneceram importantes subsídios ao entendimento e compreensão do dinamismo e atuação dos sistemas atmosféricos, responsáveis pela formação das famílias dos tipos de tempo para a região de Santa Maria-RS, e que interferem decisivamente na configuração do espaço climático nas

escalas meso e topoclimáticas e, sobretudo, na definição do campo térmico intra-urbano.

Desta forma, na análise do comportamento do campo térmico e da(s) ilha(s) de calor urbano da área em estudo, faz-se necessário, a priori, o conhecimento dos sistemas atmosféricos regionais responsáveis pela sucessão habitual dos tipos de tempo para a região. Conforme já mencionado, o clima urbano, nada mais é do que respostas dos elementos urbanos frente à imposição da circulação atmosférica nas escalas regional e local.

Assim, no estudo do quadro climático para a região de Santa Maria, Sartori (1979), seguindo os postulados da climatologia geográfica brasileira, discorreu sobre a circulação atmosférica regional, identificando os tipos de tempo atuantes e predominantes numa escala local ou terciária, associados às características geográficas intra-urbanas.

O território do Rio Grande do Sul, assim como toda a Região Sul do Brasil, em virtude de sua posição latitudinal, encontra-se numa posição de transição no que se refere ao quadro climático, refletindo a participação tanto dos sistemas atmosféricos de origem extratropical (Massas e Frentes Polares) como os de gênese intertropical (Massas Tropicais e Correntes Perturbadas). Neste sentido, Sartori (2000, p. 189) afirma que:

(...), a posição subtropical faz com que a região seja área de confronto periódico entre forças opostas, provocado pelo avanço sistemático dos sistemas atmosféricos de origem polar em direção aos polares tropicalizados (massa polar velha) ou aos sistemas de origem tropical (massa tropical atlântica ou continental), proporcionando a distribuição das chuvas durante todo o ano, motivada pelas sucessivas passagens frontais, sem

ocorrência de estação seca no regime pluviométrico.

Considerando a circulação atmosférica regional e os tipos de tempo para a região de Santa Maria, a autora afirma que os sistemas extratropicais controlam a circulação secundária, sendo que estes são representados, sobretudo, pela Massa Polar Atlântica (M.P.A.) ou Continentalizada (M.P.A.c.), Massa Polar Velha (M.P.V.) e a Frente Polar Atlântica (F.P.A.), atuantes durante o ano inteiro.

Os sistemas de origem intertropical possuem uma participação quase inexpressiva na composição da realidade climática local, sendo representados pela Massa Tropical Atlântica (M.T.A.), Massa Tropical Continental (M.T.C.) e Frente Quente de Nordeste, atuantes apenas nas fases pré-frontais, por no máximo dois dias consecutivos, independente da época do ano.

Os tipos de tempo originados pela participação dos sistemas atmosféricos polares são de extrema relevância e ocupam destacada importância na formação do clima local, uma vez que os mesmos atuam em cerca de 90% dos dias do ano.

De acordo com Sartori (2000, p.205), “ Na primavera e verão a maior frequência é da M.P.V. (43,3% e 48,3%) e no outono e inverno é da M.P.A. a liderança (47,8% e 61,7%); e F.P.A. atua, em média, em 20% dos dias do ano. Os 10% restantes são divididos entre os de origem tropical”, conforme pode ser visto na Figura 12.

Assim, em função da frequência e atuação destes sistemas atmosféricos na região, Sartori (1979) identificou quinze tipos de tempos atuantes na região de Santa Maria, para o ano-padrão de 1973, agrupando-os em três grandes famílias, sendo:

1ª)- Sistemas extratropicais, com seus mecanismos frontais, sendo os mesmos responsáveis pela instabilidade do tempo, representados pela Frente Polar Atlântica, e pelos domínios dos Anticiclones Polares, responsáveis pela estabilidade do tempo, comandados pela Massa Polar Atlântica, sendo eles:

- Tempo Anticiclonal Polar Típico
- Tempo Anticiclônico Polar Marítimo
- Tempo Anticiclônico Polar Continental
- Tempo Anticiclônico Polar Pós-Frontal
- Tempo Anticiclônico Polar em Tropicalização
- Tempo Anticiclonal Aquecido

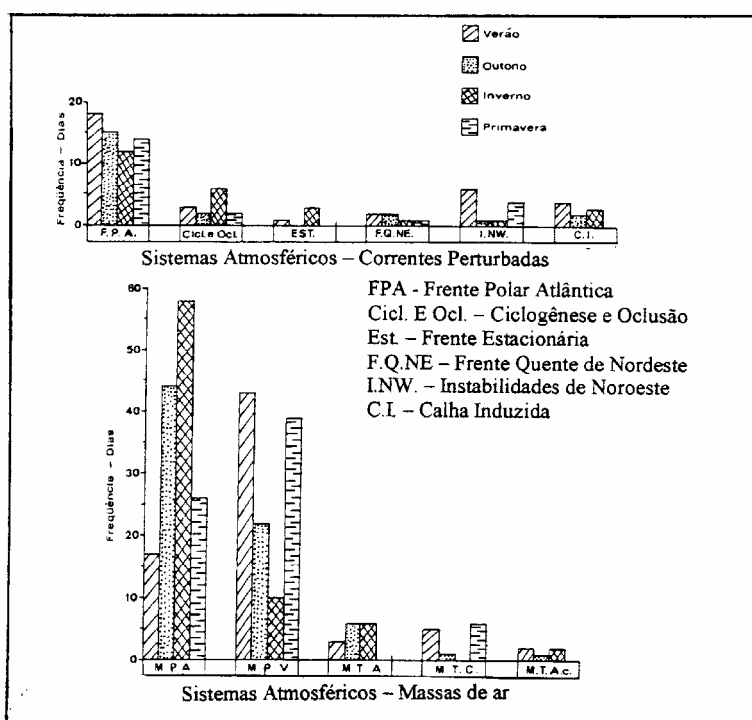


FIGURA 12: Histogramas representativos da participação dos Sistemas atmosféricos na região de Santa Maria, RS.

Fonte : Sartori (2000, p. 205).

2^a)- Sistemas intertropicais, com seus domínios tropicais marítimos (Massa Tropical Atlântica), estabilizadores do tempo e os domínios tropicais continentais (Massa Tropical Continental), responsáveis pelos fluxos de oeste e noroeste, associados em parte aos aquecimentos pré-frontais, caracterizando-se pelas instabilidades do tempo, são eles:

- Tempo Anticiclônico Tropical Marítimo
- Tempo Anticiclônico Tropical Continentalizado
- Tempo Depressionário Continental

3^o)- Correntes perturbadas, associadas aos tipos de tempos frontais, responsáveis pelas situações de instabilidade do tempo, sendo eles:

- Tempo Frontal de Sudoeste de Atuação Moderada
- Tempo Frontal de Sudoeste de fraca Atuação
- Tempo Frontal Estacionário
- Tempo Frontal de Nordeste
- Tempo Frontal Ciclonal de Atuação Direta
- Tempo Frontal Ciclonal de Atuação Indireta.

Assim, pode-se afirmar que o dinamismo e a frequência de atuação dos sistemas atmosféricos regionais geram condições atmosféricas específicas que, através de suas várias combinações, resultam em diferentes tipos de tempos predominantes na região de Santa Maria, RS.

Em virtude das variações de atuação e frequência dos sistemas atmosféricos regionais ao longo do ano, tem-se, conforme Sartori (1993, p.71), “situações sazonais específicas que definem várias combinações entre os tipos de tempo e a circulação do ar.”

Em vista disto, a partir da análise da frequência e variação têmporo-espacial dos sistemas atmosféricos, Sartori (1993) identificou as várias articulações entre os tipos de tempo e seus encadeamentos mais comuns, relacionados com as variações de ritmo dos sistemas extratropicais e intertropicais, específico para a situação de inverno na região central do Rio Grande do Sul.

No entanto, para que seja possível a compreensão da seqüência habitual dos tipos de tempo para o inverno gaúcho, é necessário o entendimento do comportamento dos sistemas atmosféricos para este período sazonal.

Nesta época do ano, as condições climáticas de toda a Região Sul caracterizam-se pelo confronto mais intenso entre os sistemas atmosféricos de origem extra e intertropicais. Este fato está condicionado a menor entrada de energia solar em todo Hemisfério Austral.

Em virtude das temperaturas apresentarem-se mais baixas, há uma intensificação do Anticiclone Migratório Polar, devido ao grande acúmulo de ar frio nas latitudes sub-polares, que avança rumo ao continente com maior força e intensidade. No entanto, nesta época do ano, os Anticiclones do Pacífico e do Atlântico encontram-se posicionados mais próximos do continente sul-americano, oferecendo obstáculos à passagem das Frentes e Massas Polares. Como resultado, têm-se intensas atividades frontogenéticas que individualizam os tipos de tempo para a região (Monteiro, 1963; Sartori, 1993).

Esta configuração climática para o período de inverno na Região Sul também é retratada por Monteiro (1963) *apud* Sartori (1993, p. 72):

O anticiclone semifixo do Atlântico, em virtude das temperaturas menos elevadas no continente, avança sobre o mesmo, aproximadamente até os meridianos de 50° W Gr, dominando sua face leste (...). Seus avanços e recuos pelo interior são regulados pelos sistemas de depressões reinantes ao longo da FPA. A depressão do Chaco, devido ao processo de resfriamento do continente, a não ser quando agravado dinamicamente pela FG na FPA, permanece, o mais das vezes, como uma simples calha, associando-se a outras que se formam ocasionalmente pelo interior do Brasil. O Anticiclone do Pacífico, também mais próximo do continente, entra em choque, freqüentemente, com o anticiclone migratório polar em seus avanços para o norte, o que implica em grande atividade para a FPP e conseqüente reforço do anticiclone que (...) ficará capacitado a investir com maior pujança e freqüência para o norte, produzindo, no Brasil, as intensas ondas de frio do sul que, agravadas pelos fenômenos frontológicos, dão a nota característica da estação.

Desta forma, tem-se uma sucessão habitual dos estados de tempo no inverno gaúcho, resultantes das características e intensidade dos confrontos entre os sistemas atmosféricos atuantes e da permanência e duração dos mesmos.

Em vista disto, Sartori (1993) identificou como se processam as sucessões dos tipos de tempo mais habituais no inverno gaúcho, estabelecidos através de 4 fases específicas, que se manifestam através de ciclos com duração variável: Pré-Frontal, Frontal, Domínio Polar e Transicional.

1ª Fase: Pré-Frontal

Também pode ser considerada a última, pois através da noção de sucessão cíclica as fases constituem –se em elos de ligação às demais.

Esta fase, também denominada por Monteiro (1963) de “Prenúncio”, antecede a passagem de uma Frente Fria sobre a região, que está sob forte domínio de uma massa polar que, em contato e permanência com a superfície continental mais quente, adquiriu suas características, aquecendo-se.

A pressão atmosférica é baixa e os ventos sopram do quadrante Norte (N ou NW), com velocidades variáveis de calmas até moderadas (8 a 12 m/s), mas em algumas situações esporádicas as rajadas podem atingir até os 100Km/h, dando origem a um típico vento local, denominado de “Vento Norte”. Esse vento ao descer a escarpa do Planalto Meridional Brasileiro sofre o efeito “föhen” (pelo desnível de 400m) aquecendo-se por compressão adiabática, sendo o principal responsável pelas sensações de desconforto térmico na população santamariense (Sartori, 2000).

As temperaturas máximas são superiores a 20°C e a umidade relativa do ar é geralmente inferior a 50%. Por apresentar estas características atmosféricas, esta fase Pré-Frontal (sem a ocorrência de “vento norte”, que atua como dissipador do calor) é, segundo Sartori (1986) em estudos preliminares sobre a existência de ilha de calor em Santa Maria, o que apresenta as condições atmosféricas e meteorológicas essenciais à individualização do fenômeno na cidade, devido ao forte aquecimento basal do ar sobre o continente.

Esta fase, tem duração média de 1 a 3 dias, até que a Frente Fria chegue à latitude do Rio Grande do Sul e imponha outro tipo de tempo para a região.

2ª Fase: Frontal

Corresponde à passagem da Frente Polar Atlântica (Frente Fria) sobre o Rio Grande do Sul, que na fase anterior encontrava-se sobre a Argentina e Uruguai. O Estado fica sob domínio desta descontinuidade frontal, que lhe impõe um tipo de tempo próprio, segundo Sartori (1993, p.75):

(...), não há vento de direção e velocidade bem definidos (variáveis), a pressão atmosférica alcança os valores mínimos do episódio, o céu apresenta-se encoberto com nuvens Sc, Ns e Cb e precipitações (que pode não ocorrer), determinando pequena amplitude térmica pela ausência de insolação direta e fraca radiação.

A intensidade da passagem da Frente Polar dependerá do contínuo abastecimento de ar frio em sua retaguarda, principalmente pelo reforço da Polar Pacífica, pois quando isto acontece a passagem frontal ganha mais força, podendo alcançar latitudes mais baixas.

Segundo Monteiro (1963, p. 136):

O primeiro sinal da chegada da frente fria, logo após o aquecimento Pré-Frontal é uma mudança rápida na direção dos ventos, que passam a soprar de Sul, (...) ocorrem trovoadas antes mesmo da chegada da frente. Quando esta atinge o Rio Grande, praticamente todo o “tempo”(…) é afetado por mecanismo frontal. A chegada da frente as

trovoadas se agravam, mais ainda pelos movimentos convectivos originados pelo aquecimento basal. (...) em geral, é bem intenso no Rio Grande (Campanha, Depressão e Litoral), as trovoadas e aguaceiros(...).

Este é um típico estado de tempo que foi denominado por Sartori (1981) de Frontal de Sudoeste.

Acredita-se que sob o domínio desta instabilidade frontal sobre a região, o fenômeno da(s) ilha(s) de calor urbano não se individualize nitidamente, pois a presença de nebulosidade, bem como de precipitações, dificulta a incidência solar na superfície, sendo esta de mínima absorção, não permitindo, desta forma, o armazenamento eficaz de energia pelos elementos urbanos e naturais.

3ª Fase: Domínio Polar

Logo após a passagem da Frente Fria (F.P.A.), responsável pela instabilização do tempo, há o domínio absoluto das condições atmosféricas e meteorológicas pela Massa Polar Atlântica (M.P.A.) sobre o RS.

O domínio da Massa Polar sobre a região é caracterizado pelo intenso declínio das temperaturas mínimas e máximas, que, se reforçado por ar polar da vertente pacífica, poderá facilmente atingir valores negativos. O posicionamento do Anticiclone Polar sobre a região proporciona significativa elevação da pressão atmosférica, assim como ventos dos quadrantes sul ou oeste e calmas.

A presença da nebulosidade da fase anterior cede lugar a um céu totalmente límpido, que permite ampla insolação durante o dia e forte

irradiação à noite, ocasionando inversões de temperatura e favorecendo a formação de geadas, orvalhos e nevoeiros (Sartori, 1993; Monteiro 1963).

Diversos autores, na literatura nacional e internacional, afirmam que o fenômeno da(s) ilha(s) de calor urbano se manifesta, com maiores intensidades, sob estas condições atmosféricas, principalmente à noite, quando os materiais urbanos liberam toda a energia calorífica armazenada durante o dia, favorecido pelo céu limpo que proporciona grande insolação.

4ª Fase: Transicional

A massa de ar polar que dominou o tempo sobre a região na fase anterior, em virtude de seu avanço para latitudes mais baixas e pelo tempo de permanência em contato com a superfície do continente, modifica-se pelo aquecimento basal, entrando em processo de Tropicalização (Massa Polar Velha ou Tropicalizada).

Esta fase representa a transição entre o domínio do tempo pela Massa Polar e uma nova Frente Fria, que já começa a se definir sobre a Argentina, pelo acúmulo de ar frio no Anticiclone Migratório Polar, que esta sobre a Patagônia, gerando a Frontogênese (Sartori, 1993).

Em virtude destas condições atmosféricas, o céu mantém-se limpo, o que favorece a insolação, permite grandes amplitudes térmicas pela elevação da temperatura durante o dia, propicia a formação de orvalho durante a noite, predominando ventos leves de E e NE (Sartori 1993; Monteiro 1963).

A condição meteorológica imposta por este tipo de tempo favorece a intensificação da ilha de calor urbano, sobretudo à noite, da mesma forma que na fase anterior. Porém, favorecido pelas maiores temperaturas há

intensificação do aquecimento basal durante o dia gerando amplitude térmica junto à superfície.

Assim, esta seqüência de 4 fases, representa o “ciclo” mais habitual dos tipos de tempo para a região de Santa Maria. Podem, entretanto, ocorrer variações, dependendo da freqüência, da intensidade e, sobretudo, da duração de atuação dos sistemas atmosféricos dominantes na região.

5.3- Os condicionantes na configuração do campo térmico e da(s) ilha(s) de calor urbano em Santa Maria

Como pôde ser visto no Capítulo II da Revisão da Literatura, as cidades são grandes modificadoras do clima local, através da influência de inúmeras variáveis geográficas e urbanas.

Dentre as variáveis geográficas responsáveis pela individualização e caracterização de um clima tipicamente urbano, tem-se dois grupos, que são: as variáveis geológicas (sítio urbano, relevo, vegetação, hidrografia...) e as geourbanas (estruturas, funções e dimensões), que associadas aos sistemas atmosféricos atuantes, interagem num constante feed-back, dando origem ao ambiente climático próprio de Santa Maria.

5.3.1- Os Condicionantes Geológicos

A fim de sintetizar as variáveis geológicas que podem condicionar a formação do campo térmico e da(s) ilha(s) de calor urbano de Santa Maria-RS, ressalta-se a influência do aspecto morfológico regional, em que a cidade está assentada. Neste aspecto, a região central do Estado, onde está

localizada a cidade de Santa Maria, caracteriza-se pela Depressão Periférica Sul-rio-grandense ou Depressão Central, correspondendo a uma faixa deprimida que se estende no sentido Leste/Oeste, entre os compartimentos geomorfológicos mais elevados: ao norte, o Planalto da Bacia do Paraná e seu Rebordo, e ao sul, o Escudo Sul-rio-grandense (Figura 13).

O Planalto da Bacia do Paraná constitui-se em duas unidades de paisagens distintas e bem definidas: o Topo e o Rebordo do Planalto.

O Planalto teve sua origem no vulcanismo fissural, do Cretáceo (Era Mesozóica), responsável por cinco sucessivos derrames de lava na região, sendo que o primeiro está assentado diretamente sobre o arenito Botucatu (Maciel Filho, 1990), de origem eólica, atestando a existência de um clima seco no passado. O Topo possui uma morfologia fracamente ondulada, em forma de coxilhas tabulares e arredondada, que reflete à resistência das rochas aos processos morfoclimáticos, a declividade em média é pequena entre 8 e 12% e, conforme pode ser visto na Figura 13, apresenta altitudes entre 400 a 500 metros.

A presença vegetal se dá sob a forma de campos, que eram até pouco tempo destinados à atividade pastoril e hoje cedem espaço às lavouras de soja e milho; há ainda presença de matas galerias e capões de matos associados à área de campo (Sartori, 2000).

A outra unidade de paisagem do Planalto da Bacia do Paraná, é o Rebordo, também conhecido por Serra Geral, e se constitui num importante compartimento na configuração do relevo da cidade e também no seu cenário climático nas escalas meso e topoclimática.

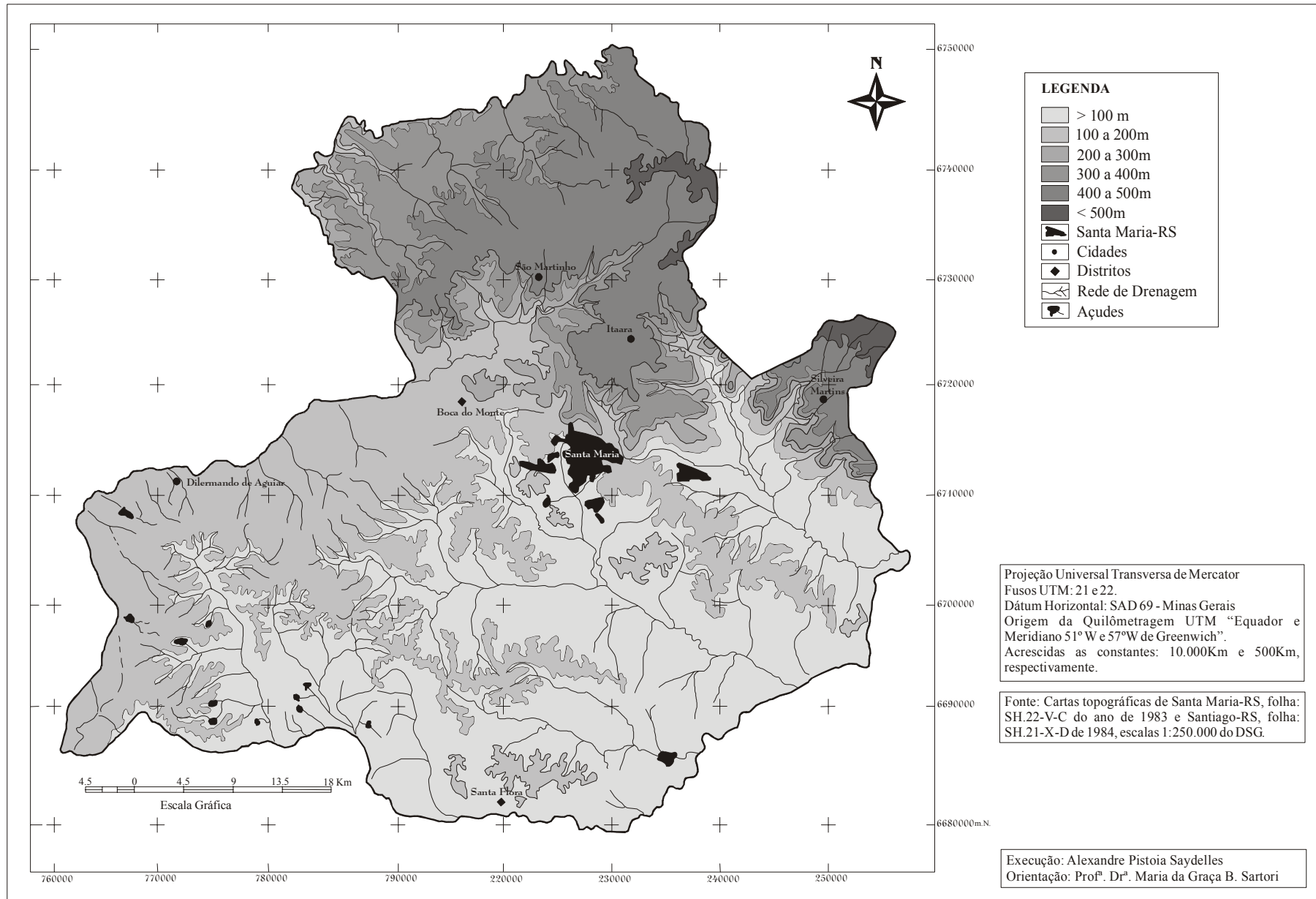


FIGURA 13: Mapa hipsométrico de Santa Maria e municípios vizinhos.

O Rebordo representa zona de transição entre o Planalto e a Depressão Periférica, constituindo-se em escarpa com desnível de até 400 metros, que representa a fase atual da evolução do Planalto (Figura 13).

Apresenta uma morfologia irregular com paredões abruptos e vales encaixados em forma de “V” e “U” resultante de falhamentos e também do papel da drenagem na dissecação e festonamento da escarpa ou “cuesta”. Possui alta energia do relevo e declividades de médias (6%) a alta (45%), conforme pode ser visto na Figura 14. É encoberta pela Floresta Subcaducifólia Subtropical, mantida pelas condições climáticas nesta unidade de relevo, com alta umidade do ar, chuvas abundantes e nevoeiros. Atualmente, encontra-se muito devastada pelas atividades agrícolas e pela ocupação humana através da expansão urbana, que ocorre sem nenhuma orientação ou planejamento.

A Depressão Periférica Sul-rio-grandese constitui-se na base na qual a cidade está assentada, sendo constituída, segundo Bortoluzzi *apud* Sartori (1979, p.125), por “Sedimentos gonduânicos que se distribuem ao longo da região deprimida (...) e onde as formas de relevo são modestas, representadas por coxilhas baixas e alongadas e por tabuleiros areníticos, cujas cotas raramente ultrapassam os 150m”.

A morfologia da Depressão caracteriza-se pela pequena amplitude altimétrica, constituída por colinas suaves, com interflúvios alongados e vertentes bem definidas, cujas declividades variam entre 6% a 14% (Sartori, 2000). Sua constituição vegetal é formada por campos em sua totalidade, com presença de matas ciliares ao longo de arroios e riachos e por capões de mato, com ampla atividade pastoril e agrícola, sobretudo de arroz nas extensas várzeas e planícies aluviais dos principais rios.

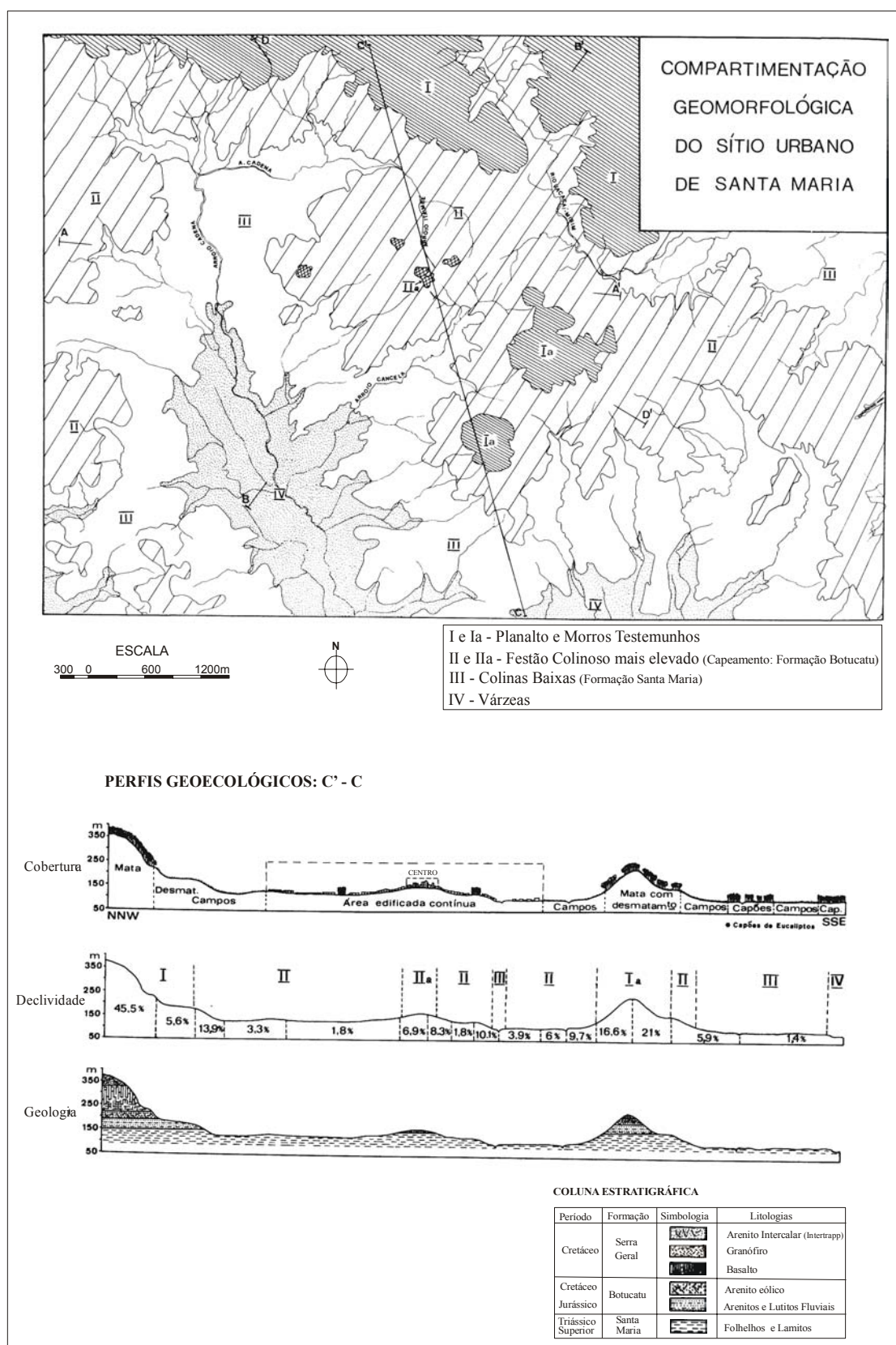


FIGURA 14: Quadro Geoecológico de Santa Maria-RS.

Elaborador: Saydelles, A. P. Adaptado de Sartori (1979, p. 129).

O sítio urbano de Santa Maria está assentado sobre área sedimentar com duas características distintas em função de seu embasamento geológico.

O centro da cidade, que corresponde ainda hoje ao núcleo original, está assentado sobre a formação Caturrita, constituída por arenitos intercalados com clásticos finos de origem fluvial e segundo Sartori (2000, p. 200), “encontra-se o setor mais elevado da área sedimentar (150m), com declividades entre 6,9% e 8,3% (Figura 14), constituindo-se no divisor d’água entre as principais mini-bacias do sítio: as dos afluentes do rio Vacacaí-Mirim (a leste) e as do Arroio Cadena (a oeste)”.

Assim, o núcleo central urbano está concentrado, principalmente, no compartimento denominado por Sartori (1979) de “festão colinoso mais elevado”, vindo a constituir-se no setor mais elevado do sítio urbano, com vertentes alongadas e bem definidas, estendendo-se no sentido das periferias da cidade (Figura 14).

O centro da cidade também apresenta a maior densidade horizontal e desenvolvimento vertical das edificações mais altas, vindo a alterar a topografia natural.

No entanto, a maior parte do perímetro urbano está assentada sobre a formação Santa Maria, composta por siltitos e arenitos argilosos estratificados e lamitos, caracterizando-se por uma topografia mais suave de coxilhas, com declividade inferiores a 6% e altitudes que não ultrapassam os 100 metros (Maciel Filho, 1990; Sartori 1979).

O crescimento da malha urbana encontra alguns condicionantes topográficos, como a sudeste do sítio, em que morros testemunhos resultantes do recuo do Rebordo do Planalto, limitam, em parte, a expansão

nesta direção. Por outro lado, segundo Sartori (2000), nos setores sudoeste, oeste e noroeste e no extremo leste encontram-se limitantes de outra natureza, representado pelas instituições militares, que impedem o desenvolvimento da malha citadina.

Neste sentido, o sítio urbano de Santa Maria, devido as suas peculiaridades topográficas, caracteriza-se por apresentar, segundo Sartori (2000, p.200):

(...), uma topografia mais plana e suave , a oeste e sudoeste e “ fechada”, em todo o quadrante norte e a sudeste, o que interfere significativamente nas condições climáticas na escala local e da cidade (mesoclima), que, por sua vez, são influenciados pelas componentes geourbanos (topoclima e microclima), frutos do processo de evolução e crescimento do espaço urbanizado.

5.3.2- Os condicionantes Geourbanos

No intuito de melhor compreender o campo térmico e a(s) ilha(s) de calor urbano de Santa Maria, torna-se necessário o estudo da dimensão, estrutura e funções desenvolvidas no espaço urbano pelas diversas atividades humanas.

Sabe-se que as características naturais, assim como as urbanas, estão intimamente relacionadas entre si, através de constantes trocas energéticas e materiais, não podendo ser encaradas separadamente. Entretanto, neste trabalho, para efeito de um melhor entendimento, as mesmas serão

analisadas separadamente, fato que em nenhum momento compromete a sua interpretação.

De acordo com a literatura nacional e internacional, conforme já destacado com ênfase no Capítulo II da Revisão da Literatura, as áreas que registram os valores mais elevados de temperaturas coincidem com os espaços densamente urbanizados, com pavimentação asfáltica das ruas, edificações mais altas, maior densidade populacional, fluxo constante de veículos e pedestres e, principalmente, pela baixa presença de cobertura vegetal.

Assim, conforme pode ser observado na Figura 15, o Bairro Centro da cidade de Santa Maria, possui os valores mais elevados em termos de densidade populacional, variando em torno de 6.419 a 9.555 hab/Km². Também caracteriza-se por apresentar a maior concentração das edificações mais altas, destinados à prestação de serviços e uso residencial.

Conforme já mencionado, o bairro está localizado, topograficamente, no setor de maior altimetria do sítio urbano em torno dos 150m de altitude, coincidindo com o sítio urbano inicial, onde predomina a área de maior concentração das atividades comerciais e varejistas, financeiras e de prestação de serviços e de uso misto, como pode ser visto na Figura 16, representadas pelas cores marrom e vermelha, respectivamente.

Conforme Saydelles & Sartori (2004), a insolação direta no bairro Centro é favorecida pela orientação de suas vertentes, as quais em sua maioria estão voltadas para os quadrantes que recebem intensa incidência solar direta, durante o período da tarde (N e W), podendo comprometer o conforto térmico da população durante os meses de verão.

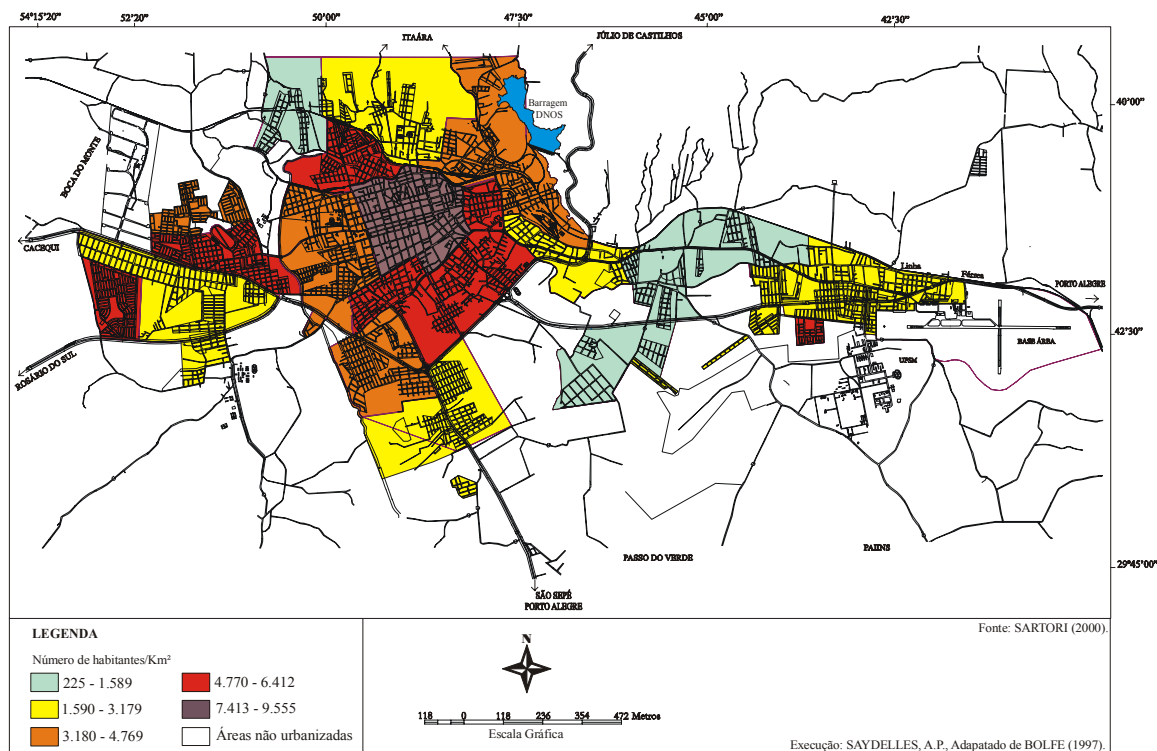


FIGURA 15: Mapa da Densidade Populacional Urbana de Santa Maria.

Quanto ao arranjo das ruas, o Bairro destaca-se por apresentar duas situações distintas, conforme Sartori (2000) e Saydelles & Sartori (2004). Uma com presença de ruas largas, arborizadas e com edificações mais baixas, como no caso da Av. Rio Branco, situação determina temperaturas mais elevadas no início do inverno e na primavera, com grande amplitude térmica diária, em consequência do maior ângulo de céu visível, ocasionado pela presença das edificações mais baixas, permitindo maior insolação durante o dia. A outra, é de ruas mais estreitas, sem vegetação, delimitados por edifícios mais altos que são, segundo Mascaró (1996), quentes no verão e início de outono, devido ao pequeno ângulo de visão de céu, representado pela maior proporção das edificações. Neste caso, pode-se citar as ruas Floriano Peixoto e Acampamento.

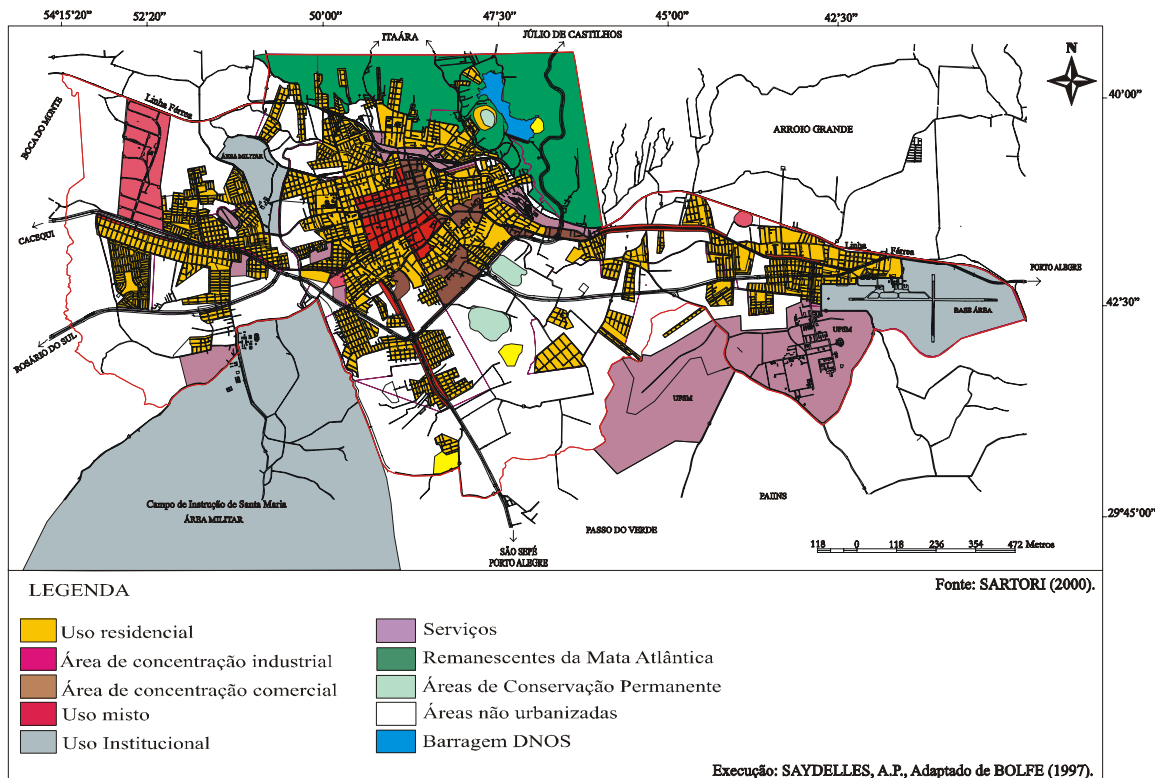


FIGURA 16: Mapa de Uso e Ocupação do Solo Urbano de Santa Maria.

Estas condições, aliadas ao fato de que, neste bairro, todas as ruas possuem pavimentação asfáltica e intenso fluxo de pessoas e veículos com baixa presença de vegetação (salvo na praça Saldanha Marinho, na parte mais central), fruto de um crescimento urbano desordenado e sem planejamento (a partir do núcleo original), certamente influencia nas temperaturas do ar e na definição da(s) ilha(s) de calor urbano, alterando o clima da cidade e o conforto ambiental.

A partir do Centro da cidade, em direção aos bairros que se situam no seu entorno, tem-se uma gradativa diminuição das cotas altimétricas, decrescendo dos 150m até 100-90 metros de altitude, em direção às várzeas dos arroios que circundam a cidade. Estas áreas possuem densidade populacional que varia de 6.412 a 4.770 hab/Km², representados pela cor

vermelha, na Figura 15 (bairros Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora de Lourdes, Medianeira e Salgado Filho), e de 4.789 a 3.180 hab/Km², representados pela cor laranja (bairros Passo d'areia, Patronato e Itararé).

Os três primeiros bairros citados, anteriormente, possuem, segundo Saydelles & Sartori (2004), a maioria de suas vertentes inclinadas para os quadrantes N e W, os quais recebem intensa incidência solar direta nos horários em que as temperaturas são mais elevadas (à tarde), podendo comprometer o conforto térmico no verão e favorecer a intensificação das temperaturas da(s) ilha(s) de calor. No entanto, estes bairros são destinados basicamente ao uso residencial, com boa presença de vegetação, maioria das ruas mais estreitas e sem edificações muito altas, propiciando o sombreamento. Conforme Mascaró (1996), essas condições favorecem a formação de brisas locais geradas no interior do ambiente urbano, amenizando de certa forma os efeitos do desconforto térmico gerado pelo excesso de insolação recebida.

Em meio a estes bairros alongam-se eixos comerciais (varejistas e atacadistas) e de prestações de serviços, representados em roxo na Figura 16, que coincidem com as principais vias de circulação de veículos, fora do Centro (Sartori, 2000).

A expansão da malha urbana de Santa Maria foi favorecida no sentido leste/oeste, pelo relevo, conforme já visto, mas também pelas principais rodovias que circundam a cidade, ao longo das quais desenvolveram-se eixos de prestação de serviços e uso misto, representado pelas cores roxo e vermelho na Figura 16, bem como amplas áreas destinadas ao uso residencial, com densidade populacional mais baixa, em torno de 3.179 a

1.590 hab/Km², e de 1.589 a 225 hab/Km², representados em amarelo e verde, respectivamente, na Figura 15.

No entanto, nestas áreas existem alguns obstáculos à expansão urbana nessas direções, representados pelas instituições militares e educacionais (em cinza na Figura 16): a sudoeste da cidade tem-se amplo campo de instrução militar do Exército e no extremo leste a Base-Aérea e a Universidade Federal de Santa Maria-UFSM.

Nos setores sul e sudoeste da cidade, entre dois morros testemunhos e a UFSM, apresentam-se amplas áreas não urbanizadas, mas com alguns loteamentos.

A maior concentração de vegetação (áreas verdes) da cidade, de acordo com a Figura 16, está restrita ao rebordo do Planalto (Floresta Subcaducifólia Subtropical) e aos morros testemunhos. No entanto, a intensa ocupação urbana destas áreas vem favorecendo a gradativa diminuição das mesmas.

No âmbito do espaço intra-urbano, ainda inexistem parques urbanos, que atuariam tanto como interceptadores do escoamento superficial em dias de chuvas e como espaço de lazer para a população, mas principalmente amenizando os elevados índices térmicos, visto que a vegetação absorve a radiação solar e a libera para a atmosfera sob forma de calor latente contido na evapotranspiração, e não sob forma de calor sensível.

Apesar de algumas avenidas e ruas possuírem arborização, segundo Sartori (2000), ainda são inexpressivas como moderadoras das temperaturas nas escalas topoclimáticas e microclimáticas. Entretanto, conforme a mesma autora, nas áreas residenciais a existência de jardins e

quintais, com gramados e árvores, podem auxiliar na diminuição do efeito da absorção da energia solar.

A soma destas variáveis oriundas das atividades humanas com aquelas de natureza ecológica propicia a formação de um clima urbano específico, e uma de suas mais notáveis manifestações é a ilha de calor urbano, a qual geralmente está localizada no CBD das cidades. No entanto, sua localização e intensidade certamente poderão sofrer alteração ou dissipação pelo efeito da ventilação a nível regional e local, dependendo da intensidade do vento.

Em Santa Maria, os ventos predominantes são, de acordo com Sartori (1979), de direção leste, secundados pelos de sudeste; os ventos de maior velocidade e mais quentes são de norte a noroeste; e os mais frios são de sul e sudoeste.

No entanto, ao penetrar na área urbana a ventilação é grandemente alterada pela estrutura urbana, como também pela topografia do sítio sobre a qual a cidade está assentada.

No caso de Santa Maria, esta alteração é retratada por Sartori (1979, p. 154) ao afirmar que:

A topografia mais elevada da área urbana, representada pelo Planalto e seus morros testemunhos, são responsáveis pela canalização do vento em direção à cidade, auxiliando na predominância dos ventos de leste. Estes são secundados pelos ventos de sudeste, em parte freados pelos morros testemunhos.

A autora ainda afirma que a disposição das ruas na malha urbana da cidade nos sentidos ENE-WSW e SSE-NNW, favorece a ventilação

natural, canalizando os ventos predominantes de leste e sudeste, associados aos domínios das Massas Polares, bem como os mais intensos e quente do norte e noroeste, das fases Pré-Frontais, e os mais frios de sul e sudoeste.

Assim, a ilha de calor urbano de Santa Maria certamente será influenciada, quanto ao seu posicionamento, pela ventilação local predominante de leste/sudeste, estando deslocada para oeste da área central da cidade (Sartori, 1979), fato que só será comprovado através das análises realizadas neste trabalho.

Além do mais, a autora também afirma que o alinhamento das edificações, associado ao nível topográfico mais elevado, à existência de ilha de calor (baixa pressão) na zona central e à orientação das ruas, propiciam excessos de ventilação ao longo das ruas, causando desconforto à população em situações de ventos regionais de maior velocidade.

Certamente, outras interações se processam nas escalas meso, topo e microclimáticas, que interferem na configuração do campo térmico e por conseqüência na intensidade das ilhas de calor urbano. Porém, ao se considerar as principais variáveis urbanas e naturais que compõem a realidade geográfica da cidade, pode-se conseguir o embasamento suficiente para o entendimento e análise dos efeitos resultantes destas trocas energéticas na atmosfera urbana de Santa Maria.

CAPÍTULO V

6 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise do campo térmico de Santa Maria-RS foi desenvolvida, conforme mencionado no Capítulo III dos Procedimentos Metodológicos, através de duas etapas seqüenciais.

Na primeira etapa, foi empregada a termografia infravermelha na identificação e análise do comportamento das temperaturas da superfície da área em estudo, através da imagem termal (Banda 6) do satélite Landsat 7 ETM+, órbita/ponto 223/81, do dia 19/06/2002, entre 09h e 45min e 10h.

As informações obtidas na imagem termal foram comparadas aos dados de temperatura do ar coletados em experimentos de campo junto à malha urbana, na segunda etapa.

6.1- Análise das condições atmosféricas: Tipos de Tempo dos dias que antecederam o imageamento termal de 19/06/2002.

Quando se analisa o comportamento térmico da superfície através do emprego da termografia infravermelha, é de fundamental importância o entendimento das condições atmosféricas dos dias precedentes ao imageamento, pois, de acordo com Cantat (1987), o aquecimento das superfícies não é resultado unicamente de um só momento, mas do acúmulo de trocas energéticas entre a superfície e a atmosfera dos dias precedentes.

Assim, na tentativa de melhor compreender as condições atmosféricas que ocorreram no dia do imageamento (19/06/2002), foram coletados dados diários de pressão atmosférica, umidade relativa, temperatura, insolação, pluviosidade, direção e velocidade dos ventos e nebulosidade, nos horários das 12h, 18h e 24h GMT, da semana que o antecedeu (dias 13 a 19/06/2002), junto a Estação Meteorológica de Santa Maria-RS (do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET). Estes dados foram utilizados na montagem dos gráficos de “análise rítmica” necessários à definição dos tipos de tempo, conforme pode ser visto na Figura 17.

Assim, ao se analisar os gráficos da Figura 17, observa-se que no dia 13/06/2002, apesar de não terem ocorrido precipitações na área de estudo, a Região encontrava-se sob condições sinóticas de domínio frontal (Frente Fria), demonstrado pelo comportamento dos elementos meteorológicos, pois a pressão atmosférica para as 12h estava baixa em torno dos 1010mb, e a umidade relativa do ar para as 12h em torno dos 85%. A temperatura do ar apresentou pequena amplitude térmica, variando entre os 8,8°C (mínima) a 14,2°C (máxima), a direção dos ventos era do quadrante leste e apresentavam fraca intensidade.

No dia 14/06, o sistema frontal já havia se deslocado para os estados de Santa Catarina e Paraná. O Rio Grande do Sul já estava sob o forte domínio da Massa Polar Atlântica, que impôs à região suas condições atmosféricas características. A pressão atmosférica encontrava-se em 1016 mb, as temperaturas baixaram significativamente (mínima de 3,9°C e máxima de 15°C), o céu permaneceu limpo (sem nebulosidade), com calmaria ou ventos de fraca intensidade.

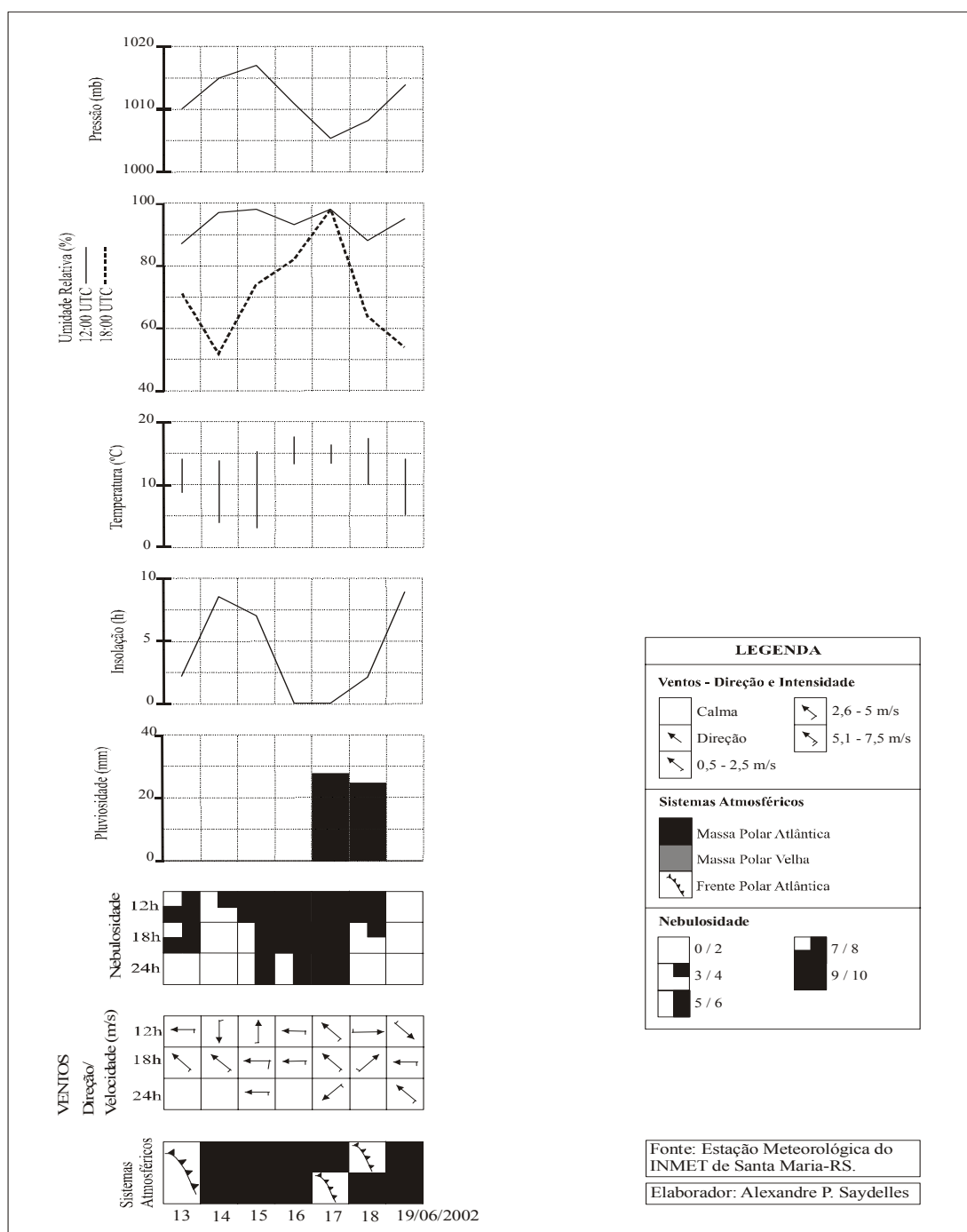


FIGURA 17: Análise das condições meteorológicas na semana que antecedeu e no dia do imageamento realizado via satélite (dias 13 à 19/06/2002).

Este cenário atmosférico da Região não sofreu alterações nos dias 15 e 16/06. As temperaturas do ar variam entre 3,2°C de mínima, no dia 15/06, e 17°C de máxima, no dia 16/06. A pressão atmosférica atingiu os 1017mb

No dia 17/06 as condições sinóticas alteraram-se significativamente com a entrada de um novo sistema frontal no RS (Frente Polar Atlântica), impondo seu tipo de tempo característico, de instabilidade. A pressão baixou sensivelmente e atingiu 1005mb, as temperaturas do ar subiram e variaram entre 13,4°C e 16,4°C, o céu estava completamente encoberto por nuvens, com nebulosidade de 10/10, a umidade relativa do ar era de 98% e os ventos sopravam predominantemente de NW/SW. As precipitações ficaram em torno de 22mm (Figura 17).

Para o dia 18/06, o quadro atmosférico não se inverteu no período matutino, pois o sistema frontal ainda controlava as condições atmosféricas da Região. As precipitações persistiam e atingiram a marca 24,8mm. A pressão atmosférica registrada às 12h (GMT) era de 1008,3mb e as temperaturas do ar variaram entre 10°C e 17,4°C (Figura 17). No período da tarde, as condições sinóticas alteraram-se, pois o sistema frontal já havia se deslocado para o N/NE da Região, atingindo as latitudes de Santa Catarina e norte do Estado. Assim, as condições atmosféricas para a área de estudo eram determinadas pelo domínio da Massa Polar Atlântica (M.P.A.); o céu não apresentava mais nebulosidade, a umidade relativa registrada para às 18h (GMT) era de 64% e os ventos apresentavam direção W/SW, com fraca intensidade.

No dia 19/06/2002, data do imageamento realizado pelo satélite Landsat 7 ETM na área de estudo, os dados meteorológicos registrados para a região central do Estado, bem como a imagem do satélite GOES-8, atestavam o total domínio e controle das condições atmosféricas pela Massa Polar Atlântica (M.P.A), pois a F.P.A. já havia se deslocado para Santa Catarina e Paraná, conforme pode ser visto na Figura 18. A pressão

atmosférica às 12h (GMT) era alta e estava em torno dos 1013,9 mb, a umidade relativa do ar às 12h (GMT) era de 95%. No entanto, conforme pôde ser visto nos gráficos da Figura 17, o céu manteve-se limpo, sem presença de nuvens, com nebulosidade em torno de 0/10 durante todo o dia, condição essencial para um bom imageamento via satélite. A insolação foi de aproximadamente 9hs, o que possibilitou uma grande amplitude térmica, pois a temperatura variou entre os 5,2°C e 19°C. As condições dos ventos no horário próximo ao registro da imagem (12hs GMT- 9hs da manhã local) era de 1,6 m/s, fraca intensidade e soprava de NW.

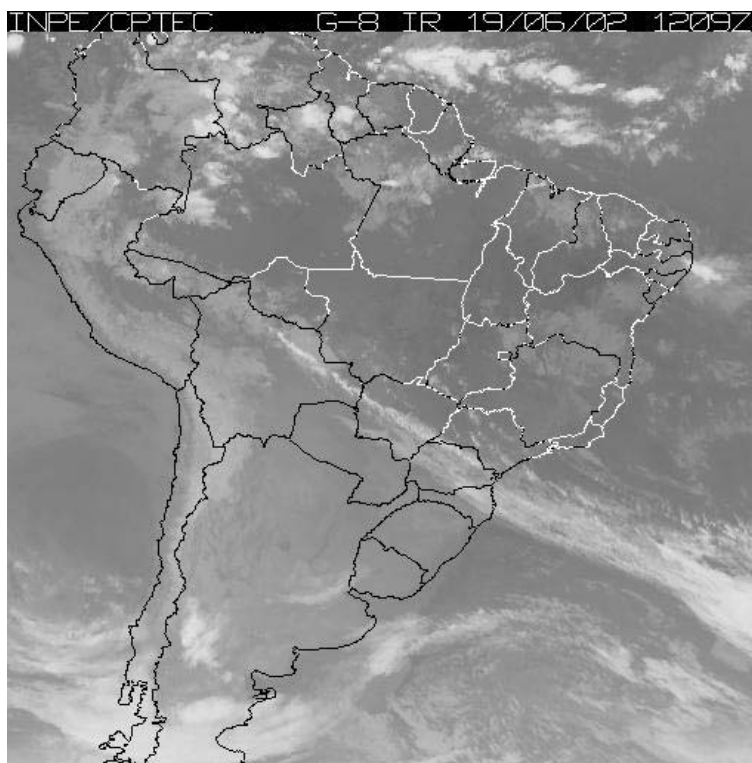


FIGURA 18: Imagem do Satélite GOES-8, Infravermelho, do dia 19/06/2002 às 9hs local (horário aproximado do imageamento termal do Landsat 7ETM+)

Fonte: “Sítio Virtual” do INPE/CPTEC. (www.cptec.inpe.br).

6.2- O Campo Térmico de Superfície no dia 19/06/2002: Níveis Mesoclimático e Topoclimático.

A identificação e análise do campo térmico de superfície da cidade Santa Maria e seu entorno, tendo como base a termografia infravermelha, deu-se a partir de duas escalas de abordagem: a mesoclimática e a topoclimática.

No entanto, ao se estruturar a análise e o enquadramento das respostas térmicas de superfície na área em estudo a partir da noção de escalas, não se pretendeu estabelecer uma organização hierárquica no sentido de “degraus” ou “escada”, onde os elementos que definem o comportamento entre os níveis superiores e inferiores não possuam nenhuma relação entre si, mas sim associá-la a uma concepção hierárquica de acordo com Monteiro (2003, p. 31):

(...) uma árvore viva: um multinivelado, estratificado e esgalhado padrão de organização, (...) a idéia de árvore é mais dinâmica, mais rica, por revelar as relações entre as partes e, sobretudo por admitir implicitamente a noção de crescimento e evolução do sistema.

Um sistema aberto em constante dinamismo e múltiplas conexões entre si, responsável pelos diversos arranjos e padrões nos comportamentos dos campos térmicos da superfície e do ar, tanto ao nível de meso quanto de topoclima.

6.2.1 – Identificação e Análise do Campo Térmico de Superfície a Nível Mesoclimático.

A Figura 19 representa a cartografia térmica digital da área de estudo, obtida através do processamento da imagem termal (banda 6) do satélite Landsat 7ETM+ do dia 19/06/2002, no horário das 09:45min à 10h, cujos valores de temperaturas relativas foram classificados obedecendo uma variação de 3°C, conforme já mencionado no Capítulo III, correspondendo ao campo térmico da superfície da cidade de Santa Maria e parte de seu entorno, na escala de abordagem mesoclimática.

Ao analisar-se a Figura 19, constata-se que os fatores de ordem geográfica se impõem de forma mais imperativa na definição do campo térmico da superfície do que a própria estrutura urbana, proporcionando uma variação térmica urbano-rural na ordem de 15°C, mesmo valor encontrado por Mendonça (1994), quando empregou a termografia infravermelha no estudo do campo térmico da cidade de Londrina-PR.

As áreas em que as superfícies apresentaram as maiores temperaturas relativas entre 17° e 23°C (representadas pelas cores vermelha e marrom na Figura 19), estão situadas predominantemente a W/SW e S/SE, no entorno rural da cidade. Isto se deve ao período do imageamento (fim do outono e início do inverno), que, de acordo com o calendário agrícola do município e da região, corresponde à entressafra dos cultivos de milho, mandioca e predominantemente soja.

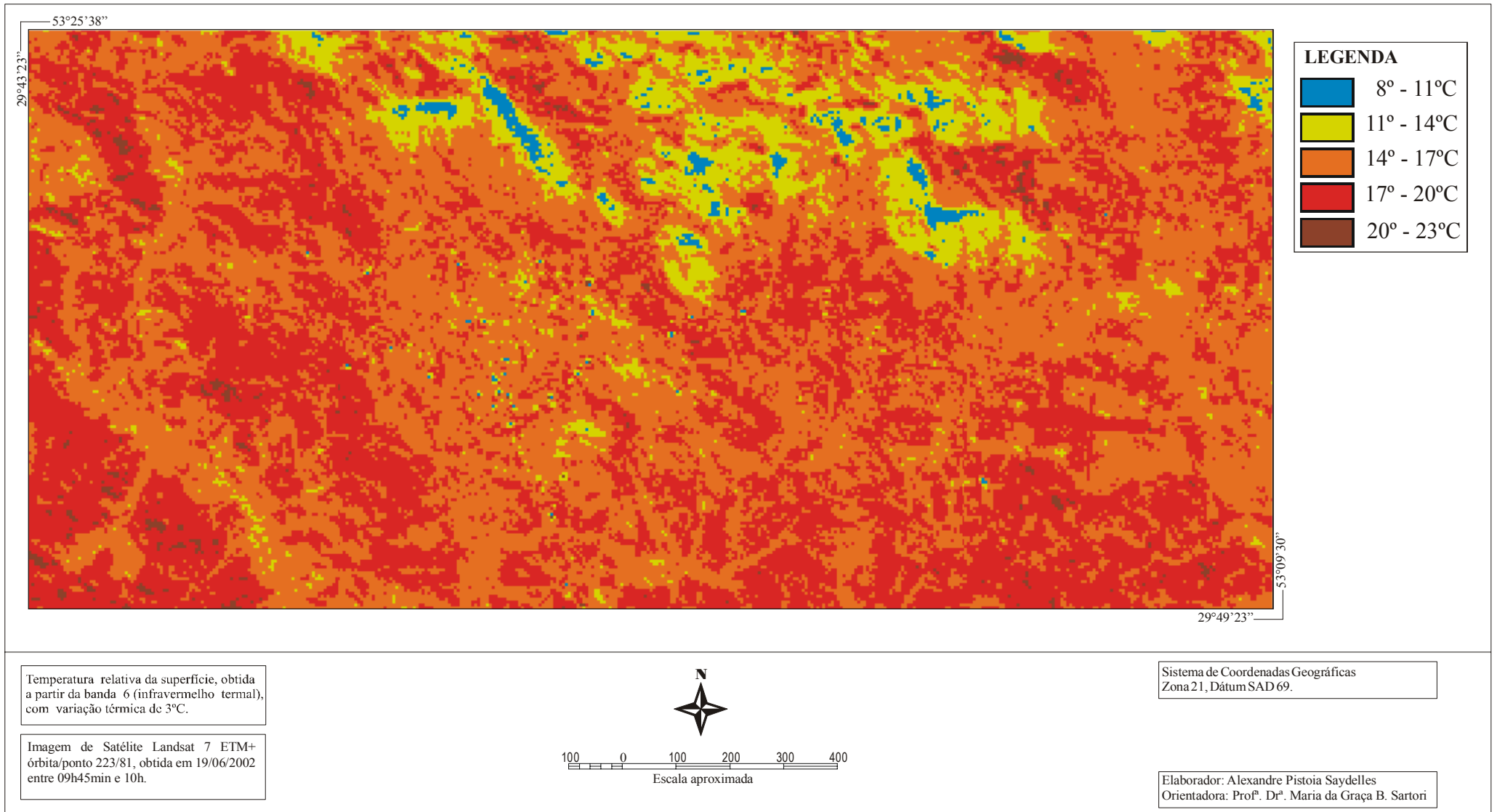


FIGURA 19: O campo térmico da superfície da área de estudo ao nível Mesoclimático, estimado a partir da Banda Termal do Satélite Landsat 7 ETM, do dia 19/06/2002.

Neste período de entressafra, os solos rurais estão desnudos ou expostos e secos, a espera dos cultivos de inverno, como aveia e azevém (pastagens utilizadas na alimentação do gado).

Solos com estas características apresentam baixa inércia termal, se comparados às áreas urbanas, ou seja, se aquecem mais rápido, pois toda radiação solar incidente sobre eles é utilizada apenas para o seu aquecimento, já que inexistente vegetação para atuar na absorção de parte desta radiação incidente e também no sombreamento desta superfície.

O papel da mistura dos solos (secos ou úmidos; desnudos ou cobertos), é um elemento de grande importância na definição do campo térmico de áreas urbanizadas, sobretudo quando circundadas por solos “secos e nus”, pois estes, conforme Mendonça (2002, p. 180):

Em tais condições, exercem uma influência determinante na formação de condições climáticas intra-urbanas, uma vez que o processo de calor sensível que se desenvolve sobre eles intensifica o aquecimento atmosférico, sendo esse transportado pelos ventos para a cidade; ainda a cidade estoca calor devido às diferentes propriedades dos materiais que a constituem.

Obviamente que nas cidades circundadas por extensos cinturões agrícolas, sobretudo de soja, comum no norte do estado gaúcho, no período de entressafra os solos estão secos e desnudos, e sob determinadas situações de aquecimento atmosférico intensificam o aquecimento da camada de ar sobrejacente, promovendo a elevação das temperaturas nas áreas urbanas vizinhas. Nestes casos, há necessidade de uma reorientação no uso desses solos, principalmente no período de entressafra.

Nestas áreas situadas a W/SW e S/SE do entorno rural de Santa Maria, além da existência de áreas agrícolas, há também grande predomínio de campos, que encobrem a morfologia mais baixa e suave da Depressão Periférica, o que favorece ainda mais a incidência da radiação solar direta na superfície, pois as matas-galerias e capões de matos (vegetação do tipo arbórea), que são os obstáculos naturais a esta insolação proporcionando sombreamento, não dominam a paisagem local.

Estes fatores integrados por si só justificam o registro de elevadas temperaturas superficiais nesses locais do entorno da cidade, neste período do ano e sob estas condições sinóticas de domínio polar, com céu limpo e máxima insolação durante o dia.

As diferentes características do relevo, da cobertura vegetal e do uso dos solos no entorno da cidade impõem diferentes comportamentos do campo térmico de superfície a nível mesoclimático, que certamente reflete e controla os padrões térmicos na escala de topoclima.

Neste aspecto, ao analisar-se a Figura 19, observa-se que no norte da área urbana, estendido na direção leste/oeste, há o registro das menores temperaturas relativas (superfícies), variando entre 8° e 11°C e entre 11° e 14°C. Estas superfícies correspondem ao Rebordo e Topo do Planalto, unidades geomorfológicas de importante participação na definição do quadro climático da cidade.

Em parte, pode-se justificar o aparecimento de superfícies com temperaturas mais baixas neste setor do entorno da cidade pela união de três elementos: a altimetria, a cobertura vegetal e a morfologia desta unidade geomorfológica.

A altimetria, de aproximadamente 350 metros (Figura 13), impõe um efeito atenuador sobre a temperatura, pois, segundo Ayoade (1991), a temperatura do ar diminui a uma taxa média de 0,6°C a cada 100 metros de altitude crescente. Este elemento (altitude), por si só, já seria responsável pelo decréscimo dos valores médios das temperaturas do ar nestas áreas em relação à urbana, uma vez que o desnível altimétrico é de aproximadamente 300 metros (Figura 13).

Por outro lado, a presença de uma densa cobertura vegetal (remanescentes da Mata Atlântica Subtropical), que encobre toda esta unidade, conforme pôde ser visto na Figura 16, favorece a diminuição dos valores térmicos, pois proporciona o sombreamento da superfície, bem como utiliza a maior parte da radiação incidente não para o aquecimento da superfície ou do ar, mas no processo de fotossíntese, liberando-o posteriormente sob forma de evapotranspiração, o que favorece o declínio térmico.

Além destes fatores, soma-se o intenso festonamento de sua escarpa, causado pela incisão fluvial, que permite o estabelecimento de encostas íngremes e paredões abruptos, com declividades em média de 45,5% (Figura 14), com vales profundos e encaixados na forma de “V”, o que proporciona maior sombreamento, sobretudo nos fundos destes vales e nas vertentes com orientações opostas à radiação solar.

Ao sul e sudeste da cidade, também por mérito da altitude (em torno dos 250 metros) e pela densa cobertura vegetal do tipo arbórea (áreas de conservação permanente), conforme pôde ser visto nas Figuras 14 e 16, respectivamente, os morros testemunhos do Cerrito e Cardoso (Mariano da Rocha) registraram baixas temperaturas superficiais, entre 11° a 14°C.

Pode-se constatar também, pela análise da Figura 19, que os cursos d'água como o arroio Ferreira, a oeste, e a várzea do rio Vacacaí-Mirim, a E/NE da malha urbana, apresentaram temperaturas com valores intermediários, ou seja, entre 14° e 17°C (representados pela cor laranja na Figura 19). Devem-se, em parte, à umidade dos solos, à presença de matas ciliares e ao próprio espelho d'água, que pelo seu elevado calor específico, demoram mais para se aquecerem.

A malha urbana como um todo também apresentou temperaturas relativas intermediárias, oscilando entre os 14° a 17°C. No entanto, esta é analisada no nível topoclimático, a seguir.

Assim, observa-se que a imposição dos fatores relevo, cobertura vegetal, altimetria e uso dos solos rurais circunvizinhos imperam na definição e no comportamento do campo térmico de superfície santamariense no nível mesoclimático, fato que certamente influencia na diversificação do cenário topoclimático.

6.2.2- Identificação e Análise do Campo Térmico de Superfície a Nível Topoclimático.

Ao se analisar o campo térmico da superfície da área em estudo, através da termografia infravermelha, na escala de abordagem topoclimática, além de proporcionar um melhor enquadramento das variáveis geológicas e geourbanas, que interferem no comportamento das temperaturas da superfície e por consequência do ar, permite responder aos questionamentos levantados por Monteiro (2003, p. 27) “– o que está

contido dentro de que?”, pois os elementos que estão contidos na escala superior (mesoclimática) interferem diretamente nos que estão contidos na escala inferior (topoclimática).

Conforme o discutido no sub-item anterior, os fatores de ordem geográfica e a utilização dos solos rurais controlam o comportamento térmico da área de estudo no nível mesoclimático, associados ao período de inverno, à latitude do local e, principalmente, ao horário em que ocorreu o imageamento via satélite (entre 09h e 45min e 10h).

No entanto, no nível topoclimático, além destes fatores, somam-se também os padrões e estruturas urbanas expressas através do uso e ocupação do solo da cidade, as densidades demográficas, a altimetria do sítio urbano e a presença de vegetação, que diversificam ainda mais e individualizam cada bairro ou área citadina.

A Figura 20 representa a cartografia térmica digital da área de estudo, obtida através do processamento da imagem termal (banda 6) do satélite Landsat 7ETM+ do dia 19/06/2002, cujos valores de temperaturas relativas foram classificados obedecendo uma variação de 1°C, conforme já mencionado no Capítulo III, correspondendo ao campo térmico da superfície da cidade de Santa Maria e parte de seu entorno na escala de abordagem topoclimática.

Assim, ao sobrepor-se a lâmina transparente contendo a divisão administrativa dos bairros de Santa Maria-RS (Figura 21) à cartografia térmica digital de superfície (Figura 20), constata-se que a cidade apresenta quatro situações distintas quanto ao comportamento térmico de sua superfície, que caracterizam a influência dos fatores geográficos, bem como das variáveis geológicas e geourbanas.

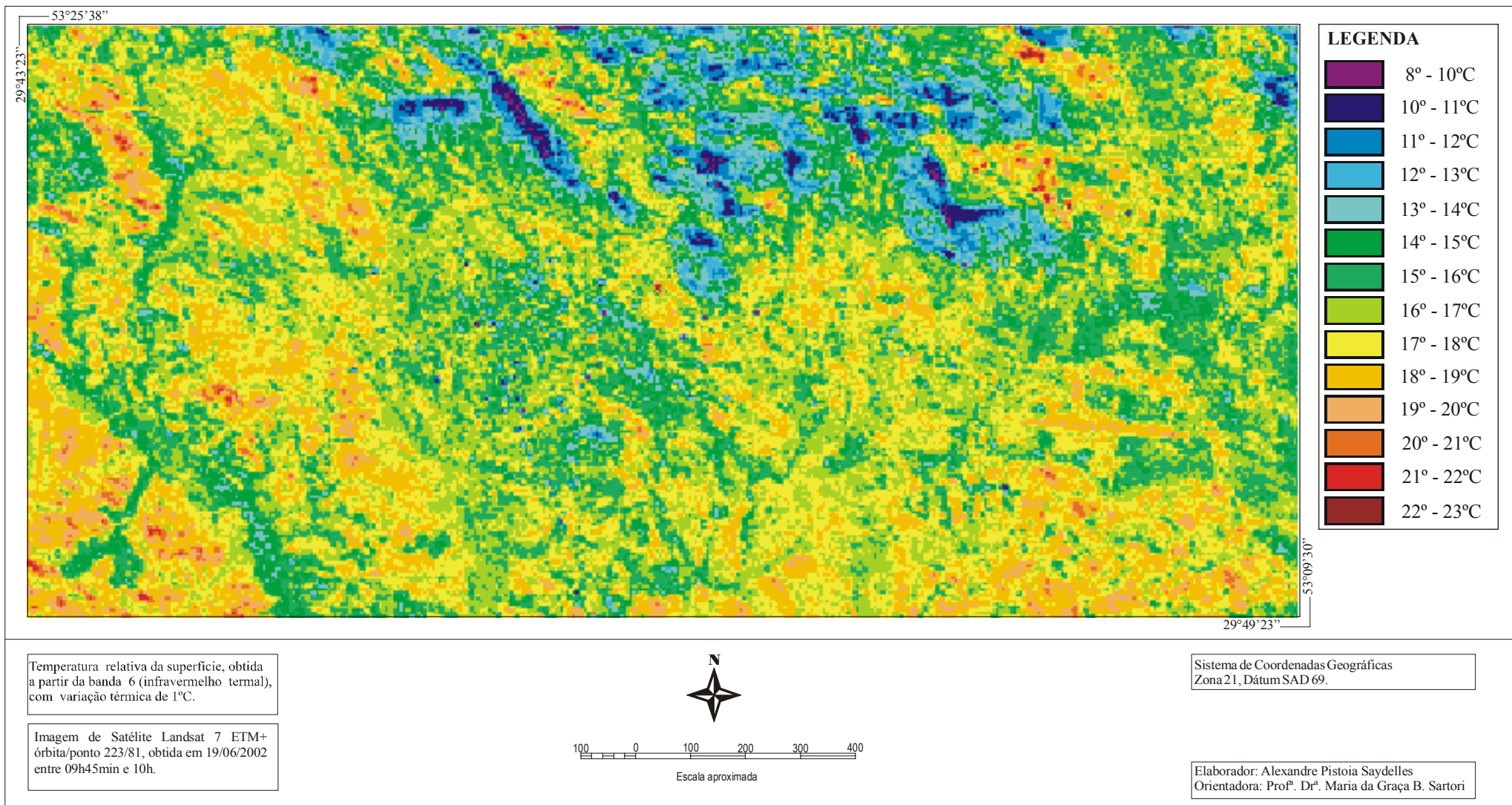


FIGURA 20: O campo térmico de superfície da área de estudo ao nível Topoclimático, estimado a partir da Banda Termal do Satélite Landsat 7 ETM+ , do dia 19/06/2002.

A terminologia empregada na denominação de cada uma destas situações deu-se em função da variação térmica das mesmas. Assim, as áreas mais aquecidas, apresentam superfícies com temperaturas entre 17° e 19°C; as áreas com temperaturas moderadas entre 15° e 18°C; as áreas com temperaturas brandas entre 13° e 17°C; as áreas com temperaturas de superfície mais baixas entre 10° a 16°C.

- **Áreas mais aquecidas:** bairros situados no extremo oeste da cidade, identificados pelas letras W, X e R na Figura 21, correspondendo aos bairros Cohab Tancredo Neves, Parque Pinheiro Machado e Juscelino Kubitschek, respectivamente.

Apresentam predomínio de superfícies com temperaturas em torno de 17° e 19°C, apesar de em algumas partes, como no norte do bairro Parque Pinheiro Machado e no oeste do bairro Juscelino Kubitschek (este último correspondendo a Cohab Santa Marta), apresentarem temperaturas mais amenas em torno dos 14° e 17°C (Figura 20), em virtude da maior presença de cobertura vegetal do tipo arbórea.

Estes bairros estão destinados essencialmente ao uso residencial, com exceção da BR – 287, que os divide e que apresenta função mista (residencial, prestação de serviços e comércio), conforme pôde ser visto na Figura 16. Têm densidade populacional elevada entre 4.770 e 6.412 hab/km², com exceção do bairro Pq. Pinheiro Machado, que possui densidade populacional entre 1.590 e 3.179 hab/km², conforme a Figura 15 anteriormente apresentada.

Estão assentados sobre uma morfologia mais suave, denominadas “coxilhas”, com vertentes amplas e alongadas e interflúvios bem definidos,

cujas cotas altimétricas não ultrapassam os 120 metros de altitudes, onde predominam os campos. Além disso, as áreas residenciais são constituídas, em sua maioria, por casas térreas. Estes fatores favorecem a incidência solar direta em suas superfícies, já que quase inexistem obstáculos à insolação, que possibilitem o sombreamento das superfícies, contribuindo para a elevação das temperaturas.

A presença de solos rurais secos e desnudos próximos a estes bairros, conforme visto anteriormente, certamente contribui para a elevação dos valores térmicos da superfície e, por consequência, do ar, durante a manhã e tarde, pois estes solos, pelas suas características neste período de entressafra, aquecem-se mais do que em relação às outras áreas. Assim, nos dias de intenso frio, podem ser favoráveis ao conforto térmico. No entanto, em situações de maior aquecimento atmosférico, como nas fases Pré-Frontais, certamente intensificam ainda mais o desconforto térmico gerado pelas altas temperaturas nestas áreas da cidade.

Aliado a estas variáveis juntam-se as de ordem arquitetônica e urbana, as quais refletem a falta de planejamento urbano e o “pensar ambiental” na maioria das cidades de países subdesenvolvidos.

É o caso específico do Conjunto Habitacional (Cohab) Tancredo Neves, “construída” (e não planejada) para atender as necessidades de moradia dos trabalhadores que serviriam de mão-de-obra para as indústrias que, por ventura, viessem a se instalar no Distrito Industrial de Santa Maria, registrando as temperaturas de superfícies mais altas da cidade, em média entre 18° e 19°C, conforme a Figura 20.

Isto se deve, em parte, à baixa presença de áreas verdes e pelo próprio padrão urbano e arquitetônico do bairro, pois a maioria das casas são

brancas com telhados em folhas de amianto, péssimos para o conforto térmico, uma vez que se aquecem muito rápido e conservam o calor. Estes elementos apresentam uma elevada reflectividade, conforme pôde ser visto na Figura 8, intensificando o aquecimento no ambiente externo, pois a maior parte dos raios solares refletidos são absorvidos pelos demais elementos urbanos, como as ruas que em suas maiorias são asfaltadas, fato que certamente deve ser ainda mais intensificado nos dias de verão.

- *Áreas com temperaturas moderadas:* bairros situados à leste da cidade, identificados na Figura 21, que contém a divisão administrativa dos bairros, pelas letras: J, K, L, T, V e U, correspondentes aos bairros Presidente João Goulart, Km3, São José, Pé-de-Plátano, Cohab Fernando Ferrari e Camobi, respectivamente.

Apresentaram superfícies com temperaturas mais amenas se comparados aos bairros citados anteriormente, variando entre os 15° e 18°C (Figura 20). No entanto, em alguns locais isolados houve registro de superfícies com temperaturas relativas mais altas, entre 18° e 20°C. É o caso da pista de pouso e decolagem da Base-Aérea de Santa Maria, que apresentou temperatura de 20°C.

Estes bairros, a exemplo dos anteriores, também são destinados basicamente ao uso residencial, com função mista (residencial, prestação de serviços e comércio) apenas ao longo da rodovia RS – 509 (Faixa Velha de Camobi). A leste e sul do bairro Camobi existem áreas destinadas ao uso exclusivamente institucional (Base-Aérea de Santa Maria) e de serviços (Campus da Universidade Federal de Santa Maria), respectivamente, conforme pôde ser visto anteriormente na Figura 16.

Apesar de estarem destinados essencialmente ao uso residencial, alguns desses bairros apresentam as menores taxas de densidade populacional, entre 225 e 1.589 hab/Km² nos bairros São José e Pé-de-Plátano. Já os bairros Camobi e Km3, a densidade varia entre 1.590 e 3.179 hab/Km². No entanto, os bairros João Goulart e Cohab Fernando Ferrari apresentam elevada densidade populacional, entre 3.180 e 4.769 hab/km² e 4.770 a 6.412 hab/km², respectivamente, conforme pôde ser visto na Figura 15.

Apesar da zona leste da cidade ter evidenciado um crescimento urbano e populacional vertiginoso nos últimos anos, principalmente ao longo das rodovias RS – 509 e BR – 287, ainda apresenta-se como a área menos urbanizada da cidade, fato observado nas baixas densidades populacionais supramencionadas.

Morfologicamente, estes bairros estão assentados em uma área de topografia suave, cujas cotas altimétricas não ultrapassam os 115 metros de altitude, sem desníveis acentuados no relevo, o que favorece a insolação direta em suas superfícies.

No entanto, aliado às baixas densidades populacionais e urbana, cujas edificações são em suas maiorias em forma de casas térreas, tem-se também uma elevada concentração de áreas verdes (vegetação do tipo arbórea), que absorvem grande parte da radiação incidente, proporcionando sombreamento e liberação de umidade através da evapotranspiração, o que justifica, em parte, as temperaturas mais moderadas registradas na termografia infravermelha de superfície, no horário do dia da imagem e sob o domínio de uma Massa Polar Atlântica.

A presença do rio Vacacaí-Mirim a N/NE da cidade também merece destaque, pois certamente influencia na configuração térmica e climática destes bairros circunvizinhos, ao proporcionar maior umidade tanto no solo quanto no ar, o que favorece a atenuação das temperaturas da superfície e do ar, bem como o desenvolvimento de uma vegetação arbórea abundante, que auxilia no processo de resfriamento térmico, sobretudo à noite e início da manhã.

As várzeas dos rios Vacacaí-Mirim e Arroio do Meio a E/NE (figura 21) dos bairros, utilizadas para o plantio do arroz, também se destacam na Figura 20 com temperaturas relativas entre 14° e 17°C. Apesar de desnudos neste período de entressafras, os solos destas várzeas permanecem úmidos, influenciando também na configuração do campo térmico destes bairros mais próximos, pois a água pelo seu elevado calor específico, segundo Ayoade (1991, p. 53) “(...) absorve cinco vezes mais calor a fim de aumentar a sua temperatura (...)”. Assim, os solos úmidos apresentam temperaturas mais amenas durante o dia.

Desta forma, através da inter-relação entre estas variáveis geológicas e geourbanas, estes bairros apresentam temperaturas relativas mais moderadas neste horário do dia, nesta época do ano e sob estas condições atmosféricas, se comparadas a outras áreas da cidade.

- **Áreas com temperaturas brandas:** Bairros situados na área central e sul da cidade, identificados na Figura 21, que contém a divisão administrativa dos bairros, pelas letras F, E, Q, P, A, B, C, D, N, O e M e que correspondem, respectivamente, aos bairros Salgado Filho, Nossa Senhora do Rosário, Passo D’areia, Patronato, Centro, Nossa Senhora das

Dores, Nossa Senhora de Lourdes, Medianeira, Urlândia, Tomazetti e Cerrito.

Apresentam predomínio de superfícies com temperaturas, em média, entre 13° e 17°C (Figura 20), apesar de alguns pontos isolados apresentarem temperaturas mais elevadas, entre 17° e 20°C.

A altitude do Sol em relação a um ponto qualquer da superfície terrestre, segundo Ayoade (1991), consiste no ângulo formado entre os raios solares e uma tangente à superfície no ponto de observação, podendo variar de acordo com a época do ano (declinação do Sol) e o período do dia (trajetória diária do Sol de leste para oeste).

Assim, em virtude do movimento aparente diário que o Sol realiza de leste para oeste, e anual no sentido norte/sul, a altitude do mesmo em relação a um ponto qualquer na superfície é menor ao nascer e ao pôr-do-sol e no solstício de inverno, e maior ao meio-dia local e no solstício de verão.

Desta forma, a altitude do Sol em relação à área de estudo (no momento do imageamento), bem como às demais superfícies situadas nestas latitudes do Hemisfério Austral, é baixa, motivada por dois fatores: o horário em que se deu o imageamento realizado pelo satélite (entre 09h e 45min e 10h da manhã) e pelo período de inverno.

A importância da altitude do Sol na configuração do campo térmico de uma determinada localidade também foi enfatizada por Ayoade (1991, p.25), ao afirmar que “Quanto maior a altitude do Sol, mais concentrada será a intensidade da radiação por unidade de área (...). Ela é elevada à tarde, porém baixa pela manhã e ao entardecer. Do mesmo modo é mais elevada no verão que no inverno”.

Assim, em decorrência desta baixa altitude diária (manhã) e hibernal do Sol em relação à superfície em estudo, há a intensificação do sombreamento, principalmente no bairro Centro (identificado pela letra “A” na Figura 21), sobretudo nas ruas mais centrais, justamente por apresentar uma maior densidade de edificações mais altas, que atuam como obstáculo à incidência solar direta no início da manhã, favorecendo o aparecimento de temperaturas mais baixas.

Este fato também foi evidenciado por Tarifa & Armani (2001) ao estabelecerem as unidades topoclimáticas para a cidade de São Paulo, através do emprego de imagens termais, onde a área mais central da mesma não registrou as temperaturas mais elevadas como se esperava.

No entanto, deve-se destacar que é somente no período da manhã que a área central irá apresentar as temperaturas mais brandas, pois no decorrer do dia com o gradativo aumento da incidência da insolação, esta área irá corresponder ao centro da ilha de calor urbana, sobretudo à noite, conforme o modelo proposto por Oke (1982) e como será visto no decorrer desta análise.

Com exceção do bairro Centro, que apresenta a maior densidade populacional entre 7.413 e 9.555 hab/km² (Figura 15) e urbana da cidade, com as edificações mais altas, menor presença de vegetação, maior fluxo de veículos e pessoas (liberam calor antropogênico), funções residencial, prestação de serviços e concentração comercial (Figura 16), os demais bairros que compõem esta área de temperaturas mais brandas estão destinados preferencialmente ao uso residencial. Têm densidades populacionais variando entre 4.770 e 6.412 hab/Km² nos bairros Salgado Filho, Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora de Lourdes e Medianeira,

de 3.180 a 4.769 hab/km² nos bairros Passo D'areia, Patronato e Urlândia, de 1.590 a 3.179 hab/km² no bairro Tomazzeti e de 225 a 1.589 hab/km² no bairro Cerrito (Figura 15). Possuem boa presença de vegetação (do tipo arbórea e gramíneas), tanto nas ruas como nos pátios e quintais das casas, proporcionando o sombreamento e resfriamento das superfícies.

A estes fatores soma-se, também, o papel da morfologia e altimetria do sítio urbano na configuração do campo térmico destes bairros.

Neste sentido, conforme já mencionado no Capítulo IV, o bairro Centro está assentado na área de maior altimetria da cidade, em torno dos 160 metros (festão colinoso mais elevado), o que favorece a boa ventilação no bairro, uma vez que a maioria de suas ruas principais estão dispostas no sentido ENE-WSW e NNW-SSE e a direção predominante dos ventos na cidade é de leste/sudeste (Sartori 1979 e 2000).

Aliado a esta altitude natural do “festão colinoso”, acrescenta-se também o papel da verticalidade urbana, pois a densa presença de edificações mais altas eleva a altimetria desta área mais central da cidade, proporcionando um maior sombreamento da superfície, influenciando também no campo térmico dos bairros vizinhos, cujas cotas altimétricas são mais baixas, pelas trocas térmicas que realizam.

Os morros testemunhos a sul e sudeste da cidade (Cerrito e Cardoso), que apresentaram temperaturas mais baixas (entre 10° e 14°C), também merecem destaque, pois influenciam diretamente no comportamento térmico dos bairros próximos a eles, não apenas pelas trocas energéticas que certamente realizam com os mesmos, mas também por serem obstáculos naturais parciais, tanto para os ventos vindos de sul e sudeste (mais frios), que atingem o bairro Nossa Senhora de Lourdes, quanto à

insolação direta, sobretudo no bairro Tomazetti (no período da manhã) situado a oeste dos morros.

O papel da orientação das vertentes também deve ser salientado na tentativa de justificar o registro de temperaturas mais brandas nos bairros mais centrais (Nossa Senhora do Rosário, Centro, Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora de Lourdes e Medianeira), pois de acordo com Saydelles & Sartori (2004) caracterizam-se por apresentarem a maioria de suas vertentes orientadas para os quadrantes que recebem intensa insolação direta ao meio-dia local e à tarde (N e W, respectivamente), fato que favorece o predomínio de superfícies com temperaturas mais baixas no horário do imageamento, que recebe intensa insolação no quadrante leste.

- *Áreas com temperaturas mais baixas:* bairros situados a norte da cidade, identificados pelas letras S, G, H e I na Figura 21, correspondendo aos bairros Caturrita, Chácara das Flores, Perpétuo Socorro e Itararé, respectivamente.

Apresentam superfícies com temperaturas relativas, em média, entre 10° e 16°C (Figura 20), com exceção do norte e sul do bairro Itararé que apresentam temperaturas mais elevadas, entre 17° e 20°C.

Estes bairros estão destinados basicamente ao uso residencial (Figura 16), com densidade populacional que varia entre 225 e 1.589 hab/Km² no Caturrita, entre 1.590 e 3.179 hab/Km² no Chácara das Flores e Perpétuo Socorro e entre 3.180 e 4.769 hab/km² no Itararé (Figura 15).

A presença do Rebordo do Planalto, ao norte destes bairros, é o principal responsável pelas temperaturas relativas mais baixas, entre 8° e

14°C, em virtude da densa cobertura vegetal e da altimetria, conforme já mencionado anteriormente.

Grande parte das famílias pobres e desfavorecidas de poder aquisitivo da cidade ocupam estas áreas mais elevadas do perímetro urbano, as quais registraram os valores térmicos mais baixos. Estas pessoas estão mais sujeitas aos riscos de saúde (problemas respiratórios e pulmonares), devido à exposição às temperaturas mais baixas no inverno, sobretudo crianças e idosos que são mais sensíveis aos rigores climáticos.

No entanto, o centro-sul destes bairros apresentam temperaturas mais elevadas, similares aos bairros citados no enquadramento anterior (entre 14° e 17°C), resultado do intenso processo de urbanização e substituição da cobertura vegetal por novos materiais e equipamentos que alicerçam a expansão da malha urbana, que ocorre sem nenhuma orientação ou planejamento.

Desta forma, pode-se afirmar que a configuração do campo térmico da superfície de Santa Maria, a nível topoclimático, é influenciado tanto pelos fatores geográficos de meso-escala (relevo, topografia do sítio, cobertura vegetal e formas de utilização dos solos rurais circunvizinhos), diversificados ainda mais pela própria estrutura e função desempenhada pelo espaço urbano.

Deve-se destacar, também, que, em virtude do horário, época do ano e condições atmosféricas (tipo de tempo) no momento do imageamento via satélite, a área de estudo registra um campo térmico específico, necessitando ser estudado sob a atuação de outros sistemas atmosféricos e outras estações do ano na busca de um melhor entendimento das oscilações das temperaturas em Santa Maria e seu entorno.

6.3 – Análise dos Experimentos de Campo.

A análise das informações e dados coletados nos experimentos de campo, junto à superfície urbana de Santa Maria-RS, consistem na segunda etapa desta pesquisa, conforme mencionado no Capítulo III dos Procedimentos Metodológicos, desenvolvida através da instalação de uma rede fixa de observação das temperaturas. Para tal, foram distribuídos 19 mini-abrigos meteorológicos na malha urbana, de acordo com os diferentes padrões de uso do solo urbano, características do sítio e disponibilidade de recursos humanos, que auxiliaram nas coletas das informações, realizadas nos seguintes horários: 09h, 12h, 15h, 18h e 21h. Este método possibilitou a observação das respostas térmicas dos elementos urbanos, abrangendo a malha citadina como um todo, na tentativa de uma melhor compreensão de seu campo térmico frente à imposição dos sistemas atmosféricos regionais.

6.3.1 – Experimentos de Campo no dia 04/08/2004: Análise das Condições Atmosféricas.

O clima de uma determinada cidade está condicionado, em grande parte, pela atuação dos sistemas atmosféricos regionais e seus mecanismos formadores dos tipos de tempo, pois estes controlam a entrada de energia solar ao nível da superfície. Torna-se indispensável, no estudo do campo térmico, principalmente em cidades de médio e pequeno porte, como no caso de Santa Maria-RS, o entendimento das condições atmosféricas locais,

na busca de uma melhor compreensão das respostas térmicas das variáveis urbanas e naturais que compõem a área em estudo.

Desta forma, com base na interpretação do gráfico de análise rítmica contido na Figura 22 e nas imagens do Satélite GOES – 12, obtidas no “sítio virtual” do CPTEC/INPE (www.cptec.inpe.br), observa-se que no dia 01/08/2004, a Região Sul estava sob o domínio de uma Massa Polar Atlântica (M.P.A), a qual proporcionava tempo estável, com céu limpo e boa insolação. Os ventos eram da direção SE de fraca intensidade. A pressão atmosférica das 12h GMT era de 1008mb e a temperatura do ar variou entre 12°C e 19,2°C.

No dia 02/08/2004, o quadro climático não se alterou muito, pois a Região ainda estava sob a influência e domínio da Massa Polar Atlântica (M.P.A.), mantendo a estabilidade do tempo. O céu estava limpo, proporcionando uma boa insolação e ganho de calor pela superfície terrestre. A pressão atmosférica das 12h GMT era de 1006mb e as temperaturas do ar variaram entre 7,9°C e 19,8°C. A umidade relativa do ar, às 18h GMT, era de 72%, e os ventos de fraca intensidade sopravam de direção SE. (Figura 22).

No dia 03/08/2004, que antecedeu os experimentos de campo, o estado gaúcho ainda mantinha-se sob o domínio da Massa Polar Atlântica (M.P.A.).

No entanto, na fronteira com o Uruguai e norte da Argentina, já se aproximava uma Frente Polar Atlântica (F.P.A.), alterando significativamente o cenário climático da região. A pressão atmosférica baixou sensivelmente e atingiu 1003mb, e as temperaturas do ar registraram ligeiro aumento, variando entre 11,3°C e 22,4°C.

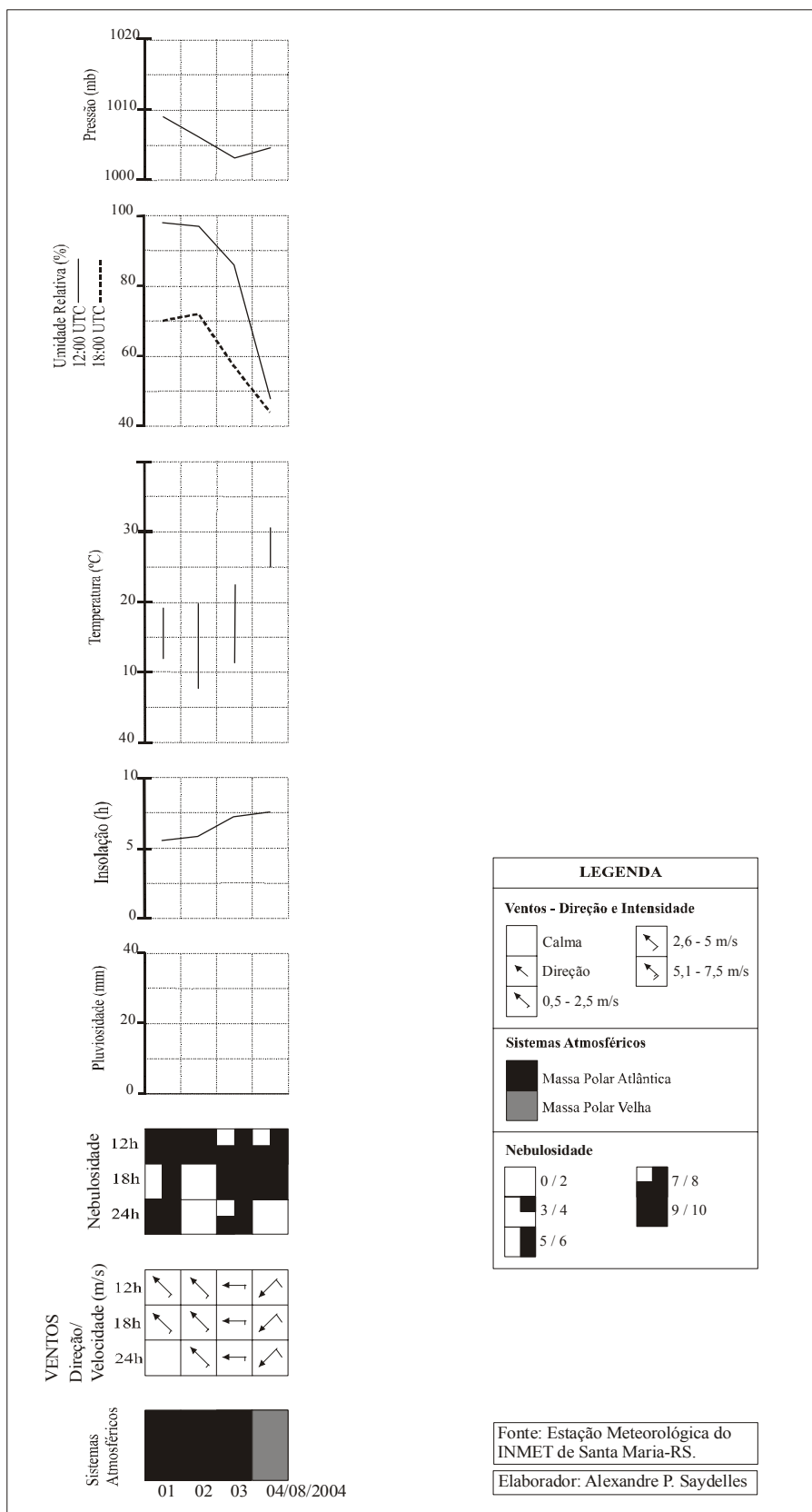


FIGURA 22: Condições atmosféricas entre os dias 01 e 04/08/2004.

A umidade relativa do ar era de 86%, às 12h GMT, e 57%, às 18h GMT. Os ventos ainda eram do quadrante E, de fraca intensidade (Figura 22).

No dia 04/08/2004 foram realizados os primeiros experimentos de campo através da rede fixa de observação. A massa de ar que dominava a Região Sul já havia adquirido as características da superfície e aqueceu-se, dando origem a uma Massa Polar Velha (M.P.V.). A instabilidade frontal (F.P.A.), que no dia anterior estava na divisa do RS com o Uruguai, agora se situava na metade sul do Estado e estendia-se desde o norte da Argentina até o Oceano Atlântico (Figura 23), influenciando diretamente nas características meteorológicas de toda a região. No restante do território brasileiro o céu mantinha-se limpo, com pouca presença de nuvens. A pressão atmosférica registrada às 12h GMT na região central do Estado era de 1004mb. Em consequência do aquecimento Pré-Frontal, as temperaturas do ar elevaram-se significativamente e variaram entre 25°C e 30,6°C e a umidade relativa do ar decaiu sensivelmente para 48%, às 12h GMT e 44%, às 18h (Figura 22).

O domínio das condições sinóticas no Estado da fase Pré-Frontal proporcionava o aquecimento da superfície e do ar e deu origem a instalação de um sistema de ventilação de forte intensidade oriundo do quadrante norte. Conforme pode ser visto na Figura 22, os ventos atingiram as velocidades de 3,3; 3,8 e 3,3m/s para os horários GMT das 12h, 18h e 21h, respectivamente, com rajadas de maior velocidade.

Este vento oriundo do quadrante norte, denominado regionalmente de “Vento Norte”, típico de situações Pré-Frontais no inverno gaúcho, ao descer a escarpa do Planalto da bacia do Paraná, adquire características

tipicamente locais, pois se aquece por compressão adiabática, ressecando-se ainda mais, e intensificando a sua velocidade, que ao adentrar na malha urbana assume direções variadas devido ao arranjo urbano.

Este, segundo Sartori (2000), constitui-se no principal responsável pela incômoda sensação de desconforto sentido pela população santamariense.

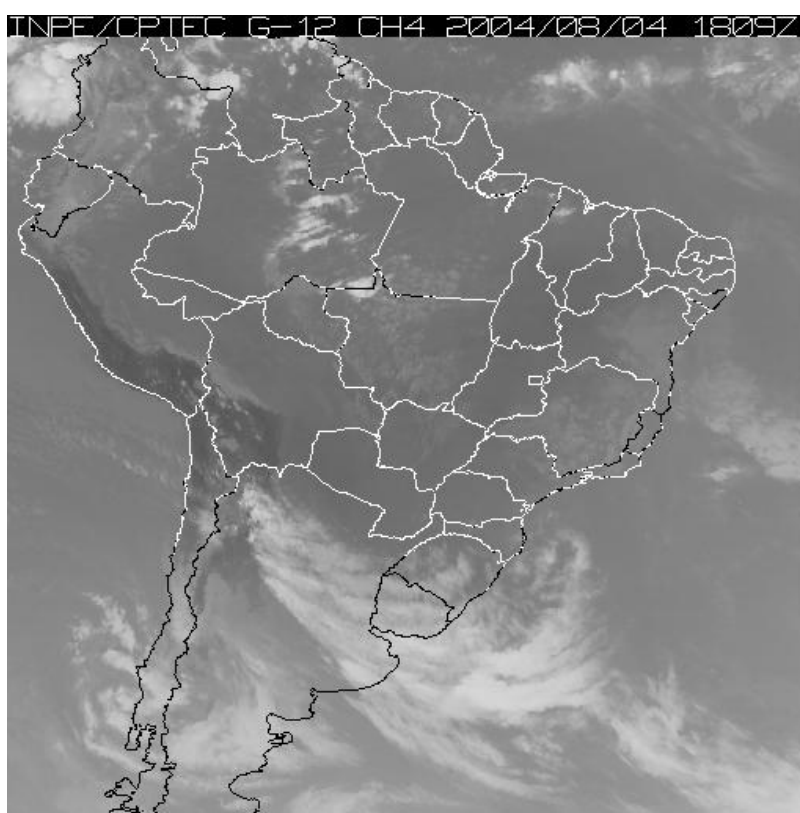


FIGURA 23: Imagem do Satélite GOES-12, infravermelho, do dia 04/08/2004 às 18h GMT.

Fonte: “Sítio Virtual” do CPTEC/NPE. (www.cptec.inpe.br).