

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES  
DEPARTAMENTO DE ARTES E HUMANIDADES  
CURSO DE GEOGRAFIA

Jackson Martins Rodrigues

**AVALIAÇÃO DA URBANIZAÇÃO E DOS SISTEMAS DE GRANDE ESCALA  
DO MUNICÍPIO DE VIÇOSA - MG**

VIÇOSA  
2009

Jackson Martins Rodrigues

**AVALIAÇÃO DA URBANIZAÇÃO E DOS SISTEMAS DE GRANDE ESCALA  
DO MUNICÍPIO DE VIÇOSA - MG**

Trabalho de Conclusão apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Geografia, pelo Curso de Geografia da Universidade Federal de Viçosa.

Orientador: Rafael de Ávila Rodrigues

Co-Orientador: Flávio Barbosa Justino

Co-Orientador: Luiz Cláudio Costa

VIÇOSA

2009

Jackson Martins Rodrigues

**AVALIAÇÃO DA URBANIZAÇÃO E DOS SISTEMAS DE GRANDE ESCALA  
DO MUNICÍPIO DE VIÇOSA - MG**

Trabalho de Conclusão apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Geografia, pelo Curso de Geografia da Universidade Federal de Viçosa.

Aprovado em: 03/07/2009

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Ms. Rafael de Ávila Rodrigues - Orientador Universidade Federal de Viçosa

---

Prof. Phd. Flávio Barbosa Justino - Co-Orientador Universidade Federal de Viçosa

---

Prof. Ms. Edson Soares Fialho - Universidade Federal de Viçosa

---

Prof. Ms. Leandro Dias Cardozo Carvalho - Universidade Federal de Viçosa

*Às razões da minha vida:*

*Minha mãe Lideir;*

*Minha avó Maria de Lourdes (falecida);*

*Meus tios maternos e paternos;*

*Todos meus amigos;*

*Minha namorada Tuyara.*

## **AGRADECIMENTOS**

À minha mãe pela vida, dedicação, confiança e amor incondicional.

À minha avó Maria de Lourdes que mesmo distante, intercede por mim nos momentos mais difíceis.

Ao meu padrasto e seus filhos pelos ensinamentos, companheirismo, principalmente ao Claudinho que deu vida ao Victor criança que tanto amo.

Aos meus amigos de jornada Guilherme, Bruno e Nilo pela amizade incondicional e demais amigos da geografia 2005 pelos momentos compartilhados.

Aos meus tios e tias João, Aparecida, Lourdes, José, Ana pelo apoio.

Aos professores Rafael de Ávila Rodrigues e Flávio Barbosa Justino pelos ensinamentos, contribuições, confiança e amizade.

Ao grande amigo Marcelo Cid de Amorim pelas lições acadêmicas e de caráter .

Ao professor Luiz Cláudio Costa pela oportunidade e confiança depositados em meu trabalho.

Aos professores do curso de Geografia e outros departamentos da UFV pelos conhecimentos transmitidos.

Às amigas conquistadas durante a graduação e as permanecem de longa data.

Aos amigos com quem compartilhei moradia nas repúblicas Dominicana e QKICKÉ.

À minha namorada Tuyara e sua família pelo amor, carinho e por terem sido meus pais, amigos e conselheiros quando o desânimo batia.

Aos irmãos da Loja Universitária Acácia Viçosense pela acolhida, e por contribuírem para retidão de meu caráter.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para este trabalho.

## RESUMO

As cidades vêm passando por um processo contínuo de mudanças desde a Revolução Industrial com significativas alterações em seus padrões de crescimento, substituindo de maneira indiscriminada as coberturas vegetais originais por materiais impermeabilizantes e esses aspectos tem influenciado várias mudanças ambientais inclusive os padrões climáticos. No Brasil a situação não é diferente e as cidades brasileiras também passam por profundas mudanças em suas morfologias com edificações cada vez mais altas, fluxo cada vez maior de veículos e profunda migração rural, tais fatos tem acarretado expressivos transtornos as cidades brasileiras que não apresentam estratégias para o crescimento urbano que estão passando. Para o caso brasileiro podemos tomar com exemplo a cidade de Viçosa – MG, que desde sua fundação tem apresentado vertiginoso crescimento de sua área urbana principalmente à partir da instalação da Escola Superior de Agricultura e Veterinária – ESAV, se tornando em 1948 Universidade Rural do Estado de Minas Gerais e após ser federalizada em 1969 passou a se chamar Universidade Federal de Viçosa. De fato o expressivo crescimento da ESAV até se tornar UFV se mostrou como principal agente impulsionador da urbanização da cidade Viçosa atraindo cada vez mais alunos e profissionais oriundos de várias partes do Brasil e até mesmo do mundo. Assim sua urbanização se deu atrelada ao crescimento da UFV e às demandas geradas pela rede ensino da cidade, que influencia sua dinâmica econômica chegando a inverter os padrões de arrecadação de Imposto sobre circulação de mercadorias e prestação de serviços (ICMS), aumentado o consumo de bens como, veículos e água bem como aumentando especulação imobiliária, forçando o processo de verticalização do centro e crescimento para áreas mais afastadas do centro expandindo assim sua malha urbana. Contudo, associado a essa expansão urbana influenciada principalmente pela UFV há muitos indícios de que o clima da cidade esteja sofrendo alterações em seus padrões climáticos apresentados até então. Desta forma este trabalho teve como objetivo levantar dados que demonstrassem o crescimento urbano de Viçosa e identificar por meio de comparações e testes estatísticos adequados se há influências significativas na disposição das normais climatológicas de Viçosa que possam ser atribuídas à sua expansão urbana. Para tanto foram coletadas informações sobre a cidade junto a órgãos públicos e dados climáticos junto a estação meteorológica do INMET instalada na UFV. Por meio da normalização das variáveis climáticas e do teste Mann-Kendall observou-se

que as temperaturas mínimas estão apresentando tendências ao aumento com o passar do tempo enquanto que temperaturas máximas, precipitação e umidade relativa não apresentaram grandes alterações em seus padrões. Por meio de análise de correlação entre os dados de temperatura média de Viçosa e Região Sudeste do Brasil e Minas Gerais observou-se que os dados apresentam expressiva forte correlação e por meio do teste t de student se mostrou estatisticamente significativo a níveis de significância de 10%, 5% e 1%. Desta forma concluiu-se que os padrões climáticos apresentados por Viçosa estão relacionados a sistemas de circulações atmosféricas regionais e com a fisiografia da cidade, não apresentando a urbanização ocorrida na cidade grande capacidade de alterar os padrões climáticos, porém é plausível ressaltar que as tendências apresentadas pelas temperaturas mínimas possam estar relacionadas a expansão urbana.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> - Evolução da população urbana e rural brasileira de 1940 a 2000	2
<b>FIGURA 2</b> - As Massas de Ar que atuam no Brasil.	18
<b>FIGURA 3</b> - Localização geográfica da região nordeste brasileira:	20
<b>FIGURA 4</b> - : Distribuição percentual da população de Viçosa – MG.	31
<b>FIGURA 5</b> - Distribuição da temperatura média mensal no município de Viçosa.	32
<b>FIGURA 6</b> - Distribuição da temperatura máxima média mensal no município de Viçosa	33
<b>FIGURA 7</b> - Distribuição da temperatura mínima média mensal no município de Viçosa.	33
<b>FIGURA 8</b> - Distribuição da precipitação total mensal (mm) no município de Viçosa	34
<b>FIGURA 9</b> - A) Vista Parcial do Calçadão e Praça Silviano Brandão 1940 e 2006. (B) Vista Parcial de Viçosa 1945 e 2006. (C) Vista Parcial de Viçosa 1935 e 2006. (Fonte AMORIM, 2006).	34
<b>FIGURA 10</b> - Evolução da População de Viçosa	35
<b>FIGURA 11</b> - Arrecadações em Viçosa (MG).	36
<b>FIGURA 12</b> - Frota de veículos circulantes de Viçosa - MG	37
<b>FIGURA 13</b> - Consumo de água observada em Viçosa.	37
<b>FIGURA 14</b> - Edificações da UFV construídas no período de 1921 a 1969	38
<b>FIGURA 15</b> - Edificações da UFV construídas nos períodos de 1921 a 1969; 1969 à 1981	39
<b>FIGURA 16</b> - Edificações da UFV construídas nos períodos de 1921 a 1969; 1969 à 1981; 1981 à 2005.	39
<b>FIGURA 17</b> - Normalização das variáveis meteorológicas (temperaturas máximas e mínimas, precipitação e umidade relativa)	40
<b>FIGURA 18</b> - Variação anual das temperaturas máximas médias e temperaturas mínimas médias de 1968 a 2006 em Viçosa, MG.	41
<b>FIGURA 19</b> - Série histórica da temperatura média da Região Sudeste, Minas Gerais e Viçosa – MG (1968 – 2008).	42
<b>FIGURA 20</b> - Análise de Correlação entre as temperaturas médias da Região Sudeste e Viçosa – MG e Minas Gerais e Viçosa – MG.	43



## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b> - Cronologia das principais descobertas e invenções durante os séculos XVI e XVIII no ocidente	5
<b>TABELA 2</b> - Evolução dos principais conceitos climáticos e meteorológicos do século XIX	7
<b>TABELA 3</b> - Classificação climática de Henrique Morize (1889/1922)	12
<b>TABELA 4</b> - Classificação climática de Delgado de Carvalho (1916/1917)	13
<b>TABELA 5</b> - Classificação Climática de Afrânio Peixoto (1908, 1938 e 1942)	14
<b>TABELA 6</b> - Viçosa e UFV em números (Resumo)	30
<b>TABELA 7</b> - Viçosa em números, em 2004: Setor de atividade (Empresas Urbanas)	36
<b>TABELA 8</b> - Resultados das análises de tendência para a temperatura média mínima de cada mês	42
<b>TABELA 9</b> - Resumo Estatístico da análise de Correlação	43

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2. OBJETIVOS</b>	3
2.1 Objetivo Principal	3
2.2 Objetivos Específicos	3
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	3
3.1 Gênese da climatologia mundial	3
3.2 Gênese da climatologia do Brasil	9
3.3 Circulação atmosférica no Brasil	16
3.4 Circulação atmosférica na Região Sudeste do Brasil	20
3.5 Clima Urbano	22
<b>4. METODOLOGIA</b>	26
4.1 Revisão de Literatura	26
4.2 Levantamento de dados	26
4.3 Tratamento Estatístico	27
4.3.1 Teste Mann-Kendall	27
4.3.2 Normalização das variáveis climatológicas	28
4.3.3 Análise de Correlação	28
<b>5. CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO</b>	29
5.1 O município de Viçosa - MG	29
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	34
6.1 Caracterização climática de Viçosa – MG 1961-1990 e 1968 – 2008	31
6.2 Expansão urbana de Viçosa e da UFV e sua relação com a variação climática	40
6.3 Análise Climática	40
6.3.1 Normalização das variáveis climatológicas	41
6.3.2 Teste Mann-Kendall	42
6.3.3 Análise dos dados NCEP Reanalysis e INMET	44
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	45
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	42

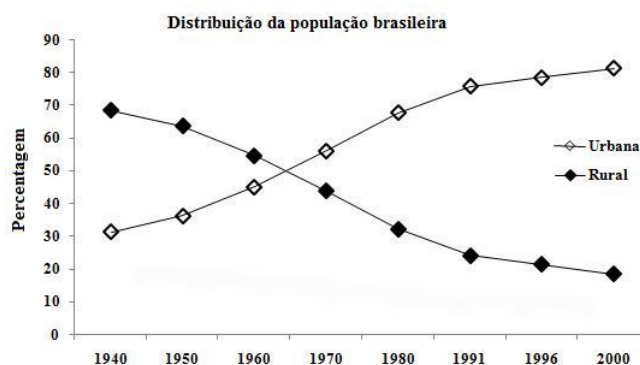
## 1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização ocorrido na sociedade moderna é marcado por dois fatores fundamentais para o entendimento das dinâmicas socioambientais urbanas, sendo um deles a passagem de uma economia doméstica para uma economia manufatureira e posteriormente fabril, e pela decomposição do modo de vida agrário.

Essas características do modelo econômico social desencadeados pela Revolução Industrial no final do século XVIII propiciaram a sobreposição de um estilo de vida urbano sobre o agrário em função da instalação das indústrias nas cidades e, conseqüente atração da população rural em busca de melhores condições de trabalho e de vida. Esse período também foi marcado pelo demasiado crescimento da população mundial ultrapassando 1 bilhão de habitantes, dos quais 2% habitavam os centros urbanos, e um século mais tarde atingiria 2,3 bilhões de habitantes sendo que 20% em alguns países e 50% na Europa e EUA instalaram residência em áreas urbanas (SAYDELLES, 2005).

Segundo dados do Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento (PNUD) (2008), por volta do ano 2000 a população mundial ultrapassou de 6 bilhões sendo que cerca de 50% habitavam áreas urbanas. Desta forma torna-se claro que a humanidade tende a seguir para um estilo de vida cada vez mais urbano sendo desta forma primordial a elaboração de estudos que evidenciem as influências causadas pela expansão urbana sobre o ambiente.

De acordo com Camarano et. al (2000), a urbanização no Brasil teve início nas primeiras décadas do século XX e foi acelerado devido às altas taxas de crescimento vegetativo a partir da década de 1940. Soma-se a isto o acintoso movimento migratório interno e externo que contribuíram de maneira significativa para o processo de integração do mercado de trabalho brasileiro. O crescimento brasileiro não se deu de maneira homogênea, pois até as primeiras décadas do século XX o país concentrava sua população nas áreas rurais, porém, com a instalação das primeiras indústrias nos centros urbanos, muitas pessoas migraram para as cidades, atraídas pelas oportunidades de trabalho e promessas de melhoria em suas condições de vida conforme mostra a figura 1.



**Figura 1-** Evolução da população urbana e rural brasileira de 1940 a 2000  
**Fonte:** IBGE, 2000

Com o ritmo de crescimento demográfico desencadeado pela modernização e industrialização, as cidades tomaram proporções jamais vistas anteriormente, e esta situação é agravada pela falta de planejamento e precariedade da infra estrutura nos centros urbanos, apresentando constantes e danosas substituições das coberturas originais do solo por materiais impermeabilizantes, e pela implantação de aparatos que tem causado transtornos ambientais em várias escalas gerando principalmente desconforto da população (SANTOS, 2007).

O problema climático, em cidades e regiões, fica evidente quando alteramos o ambiente sem um prévio estudo de planejamento ou análises de possíveis impactos. O município de Viçosa - MG e a própria Universidade Federal Viçosa (UFV) vêm experimentando, ao longo desses últimos anos, um crescimento vertiginoso na área edificada e pavimentada o que certamente vem causando mudanças na paisagem e possivelmente no clima local.

A sociedade viçosense, em especial os idosos, vem observando de forma empírica e especulativa, que o clima da cidade vem sofrendo alterações quando comparado com épocas recentes. O foco principal é a temperatura, mas sem nenhum respaldo científico. Todos atribuem estes impactos ao crescimento urbano e ao aumento na área edificada.

O setor de meteorologia da UFV vem sugerindo alterações no padrão climático, principalmente, na temperatura mínima, contudo, pouco se tem estudado a respeito da influência que a urbanização tem causado no clima local ou sua influencia nas variáveis meteorológicas, poucos trabalhos direcionaram seu foco para o tema e dentre eles, nenhum aponta de maneira contundente os motivos que levam a população a julgar que as mudanças de percepção se devem a alterações na morfologia urbana. Deste modo, acreditamos que este estudo possa identificar alterações e tendências do clima de

Viçosa, fornecendo subsídios para elaboração de trabalhos científicos com abordagens mais consistentes e confiáveis a respeito do assunto.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Principal**

Este trabalho tem como objetivo avaliar os impactos no clima de Viçosa (MG) em função do seu crescimento urbano e da evolução na infra-estrutura da UFV. O estudo levará em conta os seguintes aspectos: socioeconômico; urbanístico.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar as causas e efeitos das alterações do clima de Viçosa em função do impacto do crescimento urbano e da infra-estrutura da UFV através de técnica estatística não-paramétricas por meio do teste de Mann-Kendal;
- Avaliar a consistência das séries climáticas coletadas no posto meteorológico oficial do INMET localizado na UFV;
- Normalizar os dados coletados na estação;
- Identificar a situação atual do clima para o município de Viçosa associado a Dinâmica Atmosférica;

## **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **3.1 Gênese da climatologia mundial**

Para elaboração de argumentações consistentes acerca do clima e seus pressupostos faz-se necessário, inicialmente, uma revisão sobre as abordagens que a ciência tomou ao longo dos anos demonstrando os conceitos e formas de interpretação dos fenômenos climáticos.

Segundo Sant'Anna Neto (2004), as primeiras discussões a respeito dos fenômenos atmosféricos remetem ao século XV em que os filósofos aceitavam o geocentrismo como fora estruturado por Aristóteles século III a.c e Ptolomeu século II d.c.

Contudo, Nicolau Copérnico século XVI refutou todas concepções geocentristas que prevaleciam até a idade média e estabeleceu a teoria heliocêntrica por meio de observações e cálculos matemáticos. As descobertas de Copérnico alteraram profundamente todo conhecimento científico difundido até então, bem como introduziu

expressivas mudanças na hierarquia social e tecnológica da época. Isto alterou as concepções antropocêntricas e iniciou uma visão do mundo por meio de um sistema racional-naturalista.

No século XVII Tycho Brahe deu início à construção de objetos para observações astronômicas, preenchendo dessa forma lacunas deixadas pelas teorias de Copérnico, abrindo assim preceitos para elaboração de outras teorias que comprovavam que a órbita dos planetas e movimento de translação da Terra eram ovais. Embora Brahe não seja considerado um grande gênio, deixou grande legado para seu discípulo Johannes Kepler que entre 1609 e 1619 divulgou suas teses sobre o que mais tarde ficou conhecido como as Leis do Movimento Planetário proporcionando à ciência da época um formidável avanço devido a possibilidade de comprovações matemáticas de seus experimentos (SANT'ANNA NETO, 2004).

Contemporâneo de Brahe, Galileu Galilei (1564–1642) foi um dos mais obstinados contestadores das teorias aristotélicas se destacando como astrônomo, meteorologista, inventor e físico. Suas descobertas sobre o movimento da Terra e a explicação das marés foram fundamentais para o avanço dos conhecimentos do clima do século XVII. Dentre as mais importantes invenções de Galileu destaca-se o primeiro termômetro, construído em 1597. O Aumento das invenções foi impulsionada pelo renascimento europeu nos séculos XVII e XVIII, momento na história da humanidade em que uma nova maneira de investigar a natureza foi desenvolvida e aplicada, partindo de experimentações e métodos matemáticos destinados a matematizar os fenômenos naturais, nesse período a engenhosidade do homem aflora e novos instrumentos são criados para medir com maior precisão os fenômenos naturais.

Posterior a invenção do primeiro termômetro por Galileu, uma sucessão de inventos voltados à quantificação dos fenômenos atmosféricos foram criados, passando a meteorologia a contar com uma gama maior de instrumentos, e a climatologia com informações mais sólidas para entender e explicar a distribuição do clima no planeta como mostra a Tabela 1.

**Tabela 1:** Cronologia das principais descobertas e invenções durante os séculos XVI e XVIII no ocidente.

Ano	Cientista	Invento/Descoberta	Descrição
1597	Galileu Galilei	Termômetro	1º termômetro de mercúrio
1639	Castilli	Pluviômetro	1º pluviômetro com reservas de água
1640	Fernando II	Higrômetro	Primeiro higrômetro
1640	Descartes		Pressão do ar relacionada a previsão do tempo
1643	Torricelli	Barômetro de Mercúrio	Mede a pressão do ar
1654	Fernando II	Redes Meteorológicas	1ª redes de estações: Pisa, Milão, e Paris
1660	Blaise Pascal	Barômetro de Mercúrio	Mudanças do tempo/pressão/altitude do relevo
1660	Gueriche		Queda da pressão/tempestade e tormentas
1660	Robert Boyle	Barômetro	Inventa o barômetro de água e o sifão
1662	Wren	Pluviômetro	1º pluviômetro com reservatório de água
1664	Robert Hooke	Anemômetro	Inventa o Anemômetro de placas
1683	Edmond Halley		Carta dos fluxos de ventos. Relação entre pressão e vento. Associa circulação da atmosfera/energia na superfície. Origem dos Alíseos/Monções.
1687	Isaac Newton	Leis da gravitação universal	Estabelece as leis da gravitação e cria o prisma para decompor a luz solar
1739	La Condamine	Coordenadas geográficas	Mede as latitudes e longitudes da Terra, suas dimensões e forma.
1742	Anders Celsius	Escala termométrica	Elabora a 1ª graduação termométrica
1743	Jean-Pierre Christen	Escala Celsius	Elabora a escala de Celsius (de 0º até 100º). Temperatura (congelamento até ebulição da água)
1743	B. Franklin	Sistema Frontal	Analisa o movimento dos sistemas frontais
1749	Pierre Laplace		Estuda os fluxos e refluxos das marés, a precessão do equinócio e a nutação do eixo terrestre.
1749	Richamann	Evaporímetro	Inventa o atmômetro para medir evaporação
1755	Leonard Euler	Leis da Termodinâmica	Desenvolveu as leis gerais da termodinâmica
1757	Cavendish	Termômetro de max/min	Primeiro termômetro de Max/Min
1775	Saussure	Higrômetro	Uso do fio de cabelo como elemento sensível
1778	Jefferson	Obs. meteorológica	1ª observações meteorológicas nos EUA
1780	Jean Andre de Luc	Barômetro	Determina a correção da pressão atmosférica à temperatura de 0º
1785	Henry Cavendish		Descobre a composição do ar
1788	Horace Saussure	Diafanômetro	Constrói um aparelho para medir a visibilidade da atmosfera

Fonte: Sant´Anna Neto (2004).

Contando com um aparato mais completo e eficiente de instrumentos, foi criada em 1654 a Academia de Experimentos de Florença, quando a primeira rede de estações meteorológicas foram implantadas nas cidades italianas e austríacas além de Paris e Varsóvia. Estas foram equipadas com instrumentos meteorológicos idênticos permitindo assim uma comparação entre as condições meteorológicas dos variados locais, elaborando pela primeira vez estudos mais consistentes além de fornecer meios para realização de previsões.

Embora a academia tenha acabado em 1667, o prestígio de seus resultados influenciaram a criação de outras associações e suas respectivas redes de estações na

Alemanha e Inglaterra. Associado aos inventos e experimentos desenvolvidos durante o iluminismo europeu séculos XVI e XVII, uma grande evolução da epistemologia da ciência também foi observada, com a predominância do racionalismo e do empirismo para interpretação do mundo natural, “... não é possível compreender a evolução das técnicas e dos procedimentos científicos, sem considerar a evolução do discurso filosófico”. (Sant’Anna Neto, 2004, p. 31)

Seguindo a corrente de pensamento da época, nasce a corrente filosófica dos Enciclopedistas que tem Rousseau como quem mais buscou interpretar o meio natural, baseando-se em relatos de viajantes como Jean Léry que descreveu o paraíso tropical durante o período que esteve no Brasil, e chegando a considerar o estilo de vida dos “selvagens” melhor que o dos europeus dando grande destaque ao mito do “bom selvagem”. Montesquieu (1689-1755), outro importante filósofo da época, influenciado pelo relatos dos viajantes considerava que o homem deveria ser estudado mediante sua relação com a natureza uma vez que considerava o clima fator fundamental para determinação das sociedades.

Humboldt (1769-1869) foi um dos cientistas do século XVIII e XIX que mais contribuíram para consolidação da geografia enquanto ciência, muito influenciado pelo filósofo Schelling (1775-1854), que melhor incorporou o romantismo através de idealismo Kantiano. Humboldt considerava obsoletos os métodos científicos praticados até o final do século XVIII que se baseavam em classificações das estruturas naturais, não abordando as dinâmicas envolvidas na formação do ambiente natural, e desta forma elaborou o primeiro conceito de paisagem natural (SANT’ANNA NETO, 2004).

Segundo Sant’Anna Neto (2004), para a climatologia Humboldt fez importantes contribuições, com trabalhos sobre linhas isotérmicas e a espacialização do calor no planeta, levando em conta a amplitude térmica e suas interações com a cobertura vegetal e a hidrologia além de correlacionar a topografia, a continentalidade e a disposição do relevo com as características dos climas regionais, que somente um século mais tarde, Köppen, com uso dos mesmos atributos, pode espacializar na forma de uma proposta de classificação climática.

Assim, todo o conhecimento desenvolvido adquirido em vários países inclusive o Brasil no âmbito da geografia física durante o século XIX, foram influenciados pelas perspectivas Humboldtianas. Contudo, durante o século XIX vários pesquisadores também fizeram importantes contribuições para o desenvolvimento da climatologia como pode ser observado na tabela 2.



**Tabela 2:** Evolução dos principais conceitos climáticos e meteorológicos do século XIX

Ano	Autor	Descrição
1816	Brandes	Primeiros conceitos dos mapas meteorológicos sinóticos
1820	Buch	Demonstra que são os ventos que trazem os tipos de tempo
	Howard	Estudo pioneiro sobre o clima de Londres, a partir da alternância das massas de ar quentes e frias, ao nível do solo
1827	Dove	Propõe os conceitos sinóticos para explicar o tempo local em termos de um modelo ideal
1841	Espy	Formula a primeira teoria da energia de um ciclone
1845	Berghaus	Primeiro mapa mundial com distribuição da precipitação
1848	Dove	Primeiro mapa com distribuição das temp. médias mensais
1849	Henry	Fundação da primeira rede meteorológica norte-americana, interligada pelo telégrafo
1862	Muhry	Primeiro mapa da distribuição sazonal das chuvas
1860/1865	Serviço Met. Britânico	Primeiro modelo (cartas sinóticas) baseado nas descobertas de Buys-Ballot, sobre as relações entre vento e pressão
1869/1880	Serviço Met. Britânico	Primeiros meteogramas (gráficos com as variações temporais detalhadas dos elementos do tempo), obtidas através de instrumentos registradores em 7 estações do Reino Unido
1870	Köppen	Primeiro trabalho de climatologia sinótica, realizado em São Petersburgo, Rússia, com uma análise diária dos padrões de temperatura, agrupadas em tipos de tempo.
1873	OMM	Criação da Organização Meteorológica Mundial em Bruxelas
1876	Coffin	Elabora a primeira carta mundial dos padrões do vento
1878	Ley	Estabelece um modelo empírico de ciclone e formula a estrutura tridimensional de uma faixa frontal
1879	Köppen	Propõe a conceituação de frente fria
1883	Teisserenc de Bort	Primeiro mapa de pressão média dos ciclones e anticiclones sazonais que forneceu as bases conceituais para elaboração do primeiro modelo geral de circulação atmosférica

**Fonte:** Sant'Anna Neto (2004).

De acordo com Sant'Anna Neto (2004), outra importante contribuição para a sistematização da climatologia estava presente nos estudos publicados por Hann em 1908 que buscou sintetizar o conhecimento sobre clima desenvolvido até então. Sua obra dividida em três volumes chamada “Handbuch der Klimatologie” é considerada a mais completa e valiosa sobre climatologia realizada até o fim do século. Desta obra surgem as primeiras definições de tempo e clima. Hann (1908) apud Sant'Anna Neto (2004) definia o clima como:

“... a súmula dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condi o média da atmosfera em qualquer lugar da superfície terrestre. E, por tempo,   somente uma fase da sucessão dos fenômenos, cujo ciclo completo, reproduzindo-se com maior ou menor regularidade em cada ano, constitui o clima de qualquer localidade” (MORIZE apud SANT’ANNA NETO, 2004, p.55)

Embora o conceito desenvolvido por Hann em 1908, fosse fundamental para o desenvolvimento da climatologia, ele pecava em determinados aspectos como demonstra Max Sorre (1936), traduzido por Megale (1984), que criticou a maneira como fora desenvolvido o conceito de clima por se basear em estados médios dos elementos da atmosfera e não considerar os fenômenos climáticos de maneira integrada.

De acordo com Sant’Ana Neto (2004), a dinâmica atmosférica começou a ser estudada a partir de 1920, quando associaram cientistas físicos, oceanógrafos, engenheiros e meteorologistas formando as escolas de Bergen e de Chicago que por meio da aplica o dos conceitos hidrodinâmicos na constru o das cartas sinóticas, propiciaram grandes descobertas no campo da Meteorologia Sin tica e dinâmica, elaborando conceitos das frentes quentes (1918), oclusas (1919) e a teoria de frente polar (1922), como também sobre a importância das perturba es frontais e dos anticiclones migratórios na produ o dos tipos de tempo.

Desta forma, com os avanços promovidos pela Meteorologia Sin tica e com conceito de clima propostos por Max Sorre apud Megale (1984), que define o clima “... *o ambiente atmosférico constituído pela série de estados da atmosfera e em um determinado lugar e sua sucessão habitual*”, a climatologia se consolida enquanto uma importante linha de pesquisa da geografia a partir da década de 1950 e propõe significativas mudanças aos métodos de análise das demais ciências naturais uma vez que admite que os estados atmosféricos variam com o tempo e com um certo ritmo.

Desse modo, novas perspectivas teóricas se abriram por meio dos postulados de Max Sorre, no campo da climatologia como fen meno geográfico, e possibilitaram toda uma revisão conceitual, a qual, somada às concep es do francês Pierre P d laborde (1959), que buscava determinar o clima de uma área ou região por meio da cataloga o dos tipos de tempo, abrangendo sua totalidade, suas freq ncias por um longo período e suas origens considerando os sistemas atmosféricos atuantes na área estudada, propiciou uma verdadeira revolu o paradigmática, em que as no es de dinâmica, g nese e ritmo passaram a constituir os fundamentos do entendimento do fen meno atmosférico como

categoria de análise geográfica, em contraste com as abordagens generalistas e regionais (SANT'ANA NETO, 2004).

### **3.2 Gênese da Climatologia no Brasil**

É muito difícil determinar um momento exato para o surgimento da climatologia em território nacional, mas no Brasil há marcos históricos sugerem o início da ciência. Em 1827 foi criado o Observatório Astronômico do Rio de Janeiro, que deu início aos procedimentos científicos de pesquisa da meteorologia que décadas mais tarde propiciariam o nascimento da climatologia no Brasil (SANT'ANA NETO, 2004).

No entanto, segundo Ferraz (1934), apenas em 1844 quando o Observatório estava sob direção de Soulier de Sauve que as primeiras observações meteorológicas surgiram nos arquivos, período no qual o conhecimento e os avanços dessa área do conhecimento começaram a rodar no meio científico e intelectual do Império. Contudo desde a década de 30 do século XIX, vários artigos sobre a climatologia do Rio de Janeiro foram publicados na Revista Médica Carioca.

Todavia, de acordo com Neira (2000), a partir de 1862 a Marinha do Brasil com seus navios hidrográficos começaram a fazer observações meteorológicas com certa frequência na costa do país e nas bacias hidrográficas navegáveis e desta forma na década de 1880 lançando mão dos dados coletados e o conhecimento adquirido criou-se a Repartição Central Meteorológica da Marinha. Já o Observatório Imperial que estava sob administração do Ministério da Guerra desde 1844, publicou regularmente entre 1851 e 1867os seus “Anais Meteorológicos” originado pelos dados coletados diariamente pela instituição.

As ciências atmosféricas no Brasil têm como importante marco histórico a reorganização do Observatório Astronômico em 1871, durante o II Império, e a contratação do astrônomo Frances Emmanuel Liais. Esses acontecimentos foram determinantes para a implantação das ciências atmosféricas no país, mesmo diante do fato deste importante astrônomo e meteorologista ter se interessado mais por pesquisas na área da geodésia e magnetismo (FERRAZ, 1980).

Após vários anos em operação, o Observatório contava com um vasto banco de dados, de modo que possibilitou ao geógrafo alemão Wappus, realizar umas das primeiras análises climáticas de caráter científico do Rio de Janeiro em 1875, recebendo o título de “Geographia do Império do Brasil”. Os dados obtidos no Observatório

despertaram grande interesse do austríaco Julius Hann, maior meteorologista de seu tempo e que preparava seu primeiro trabalho publicado em 1883 chamado de *Handbuch der Klimatologie* como citado anteriormente.

Uma importante contribuição para estudos meteorológicos e climáticos mais completos vieram da antiga Repartição dos Telégrafos, na época dirigida pelo Barão de Capanema, que a partir de 1886 por meio de sua Seção Técnica chefiada por Weiss, instalaram diversas estações meteorológicas pelo Brasil, vindo a fornecer assim uma valiosa gama de informações detalhadas sobre grande extensão do território nacional (SANT'ANNA NETO, 2004).

Contando com importante banco de dados originados de coletas em diversos estados brasileiros, como os do Senador Pompeu no Ceará (1877), as de Émile Beringer em Pernambuco, as de Milnor Roberts sobre o vale do Rio São Francisco (1880) e as do Dr. Henry Lange em Santa Catarina e Rio Grande do Sul (1874), além daquelas do Observatório do Rio de Janeiro, que num esforço impressionante Henrique Morize um importante climatólogo da época, elaborou o primeiro estudo sobre clima do Brasil publicado em 1889 com título de “Esboço da Climatologia do Brasil”. (AB'SABER, 1979).

Este trabalho forneceu uma vasta gama de informações sobre o comportamento climático do Brasil e sua importância foi avidamente descrita por Sant'Anna Neto (2004).

“Este trabalho pioneiro, além de divulgar as séries temporais, distribuídas geograficamente, analisava o regime climático e estabelecia a primeira abordagem sobre a variabilidade climática, sem, contudo, como já era corrente na Europa e Estados Unidos, dar maiores atenções aos grandes mecanismos de circulação atmosférica.” (Sant'Anna Neto 2004, p.30)

De acordo com Sant'Anna (2004), em 1896 o engenheiro Alemão Frederico Draenert publicou seu estudo chamado de “ O Clima do Brasil”, que basicamente foi uma versão ampliada da obra de Morize, no entanto com uma análise conjunta das características climáticas demonstradas pelas variáveis coletadas pelo território nacional.

No estado de São Paulo a climatologia surgiu do campo das geociências em função da criação da seção de meteorologia da comissão Geográfica e Geológica que

sob orientação de Orville Derby e Alberto Loefgren instalou cerca de 40 postos e estações a partir de 1886 e 1900 (SANT'ANNA NETO, 2004).

Segundo Sant'Anna Neto (2004), no fim do século XIX quase todos estados brasileiros contavam suas redes de serviços meteorológicos e climáticos, tendo desta forma um vasto banco de dados que serviram para que cientistas como Morize, Draenert e o grupo de pesquisadores do Observatório Nacional do Rio de Janeiro formassem importante grupo de pesquisas climáticas com grande utilização de técnicas estatísticas. Contudo, algumas destas estações de coleta estavam sob administração de departamentos de obras públicas, outros à da agricultura e demais órgãos ligados ao governo de maneira que havia muitas de observações díspares, com uso de instrumentos e normas distintas que causavam problemas de ajustes dos dados (SANT'ANNA NETO, 2004).

Desta forma, observamos que a partir do século XIX, mesmo contando com poucas estações meteorológicas e poucos postos de coleta de dados, o desenvolvimento da climatologia e da meteorologia do Brasil não se mostraram defasados perante o resto do mundo, uma vez que foi nesse período que as ciências atmosféricas tiveram acintosa evolução.

O importante desempenho as pesquisas brasileiras são corroborados pela publicação de obras como a de Morize em seu “Esboço da Climatologia do Brazil” de 1889 e “O Clima do Brazil” de Draenert de 1896, citadas anteriormente que desempenharam a função de apresentar um quadro geral das características do clima brasileiro por meio de classificações regionais.

A importância da obra de Draenert reside no fato de ter contato com mais de 60 estações meteorológicas que dispunham de bancos de dados limitados (1 ou 2 anos de dados contínuos) e de ter realizado análises conjuntas dos demais fatores que influenciam os climas locais como o relevo, altitude e latitude fornecendo assim meios para sua caracterização das três zonas termo-pluviométricas sendo: a zona tórrida compreendia a amazônia, a sub-tropical os tipos tropical de altitude – MG, RJ e SP com temperaturas mais baixas e pluviosidade mais ou menos elevada, no litoral com temperaturas menores e maior pluviosidade, reconhecia a existência de um Clima Litorâneo e no interior, o Clima Continental, com elevadas temperaturas e a temperada abrangendo os estados do sul – RS, SC e PR – além da porção meridional de São Paulo, com invernos bastante frios e a presença de geadas constantes. Produzindo desta forma

um excelente trabalho com muitas informações desconhecidas até então (SANT´ANNA NETO, 2004).

De acordo com Sant´Anna Neto (2004), outro importante pesquisador brasileiro que contribuiu significativamente para a construção da climatologia enquanto ciência no início do século XX, foi Carlos Delgado de Carvalho responsável pela mais completa análise do clima do Brasil em seu tempo, publicou vários trabalhos em francês, por ter residido na Europa por muitos anos, tais como “*Un centre économique au Brésil*” de 1908, “*Le Brésil Meridional*”, de 1910 e “*Climatologie du Brésil*”, de 1916, mas sua principal contribuição veio de sua obra publicada em Londres em 1917 chamada de “*Météorologie du Brésil*”.

Embora a obra de Morize fosse considerada muito importante mesmo para época que foi publicada, foi somente em sua reedição em 1922 em função da comemoração da independência do Brasil que seu trabalho ganhou corpo e método. Nesta obra de 1922 merece destaque a relação sugerida por Morize entre o clima e os aspectos humanos muito influenciado pelas concepções deterministas do geógrafo e meteorologista norte americano Ellsworth Huntington, a proposta de classificação climática baseada nos conceitos de Köppen, no que se refere às médias térmicas, sazonalidade e totais pluviométricos como demonstra a tabela 3 e a vasta gama de dados que o autor pode contar.

**Tabela 3:** classificação climática de Henrique Morize (1889/1922)

Clima	Temperatura Anual	Tipo	Localização
Equatorial	>25°C	Super-úmido	Amazônia
		Úmido continental	Interior do Nordeste
		Semi árido	Nordeste
Sub-Tropical	Entre 20°C e 25° C	Semi-úmido Marítimo	Litoral oriental
		Semi-úmido de altitude	Altiplanos centrais
		Semi-úmido continental	Interior do Brasil
Temperado	Entre 10° C e 20° C	Semi-úmido marítimo	Litoral Meridional
		Semi-úmido/latitudes médias	Planícies do interior do Sul
		Semi-úmido das altitudes	Locas de alta altitude

Fonte: Sant´Anna Neto (2004)

Assim foi criado um grande debate científico entre Carlos Delgado de Carvalho e Henrique Morize, uma vez que o primeiro não concordava com os critérios de delimitação baseados na isoterma de 18° C de Köppen, que Morize utilizou para sua classificação.

Carlos Delgado de Carvalho que publicara no mesmo período (1917) “*Météorologie du Brésil*” como mencionado anteriormente, tinha em sua obra uma parte que chamou de “Climatografia” e propunha uma classificação dos climas do Brasil sendo assim uma de suas maiores contribuições a climatologia do Brasil. Sua divisão compreendia três grandes grupos climáticos subdivididos em tipos característicos, como demonstrados na tabela 4.

**Tabela 4:** Classificação climática de Delgado de Carvalho (1916/1917)

<b>Clima</b>	<b>Tipos</b>	<b>Região</b>
<b>Equatorial</b>	Super-úmido	Amazônia
	Semi árido	Nordeste
<b>Sub-Tropical</b>	Semi-úmido Marítimo	Litoral oriental
	Semi-úmido de altitude	Altiplanos centrais
	Semi-úmido continental	Interior do Brasil
<b>Temperado</b>	Super-úmido marítimo	Litoral Meridional
	Semi-úmido de latitudes médias	Planícies do interior do Sul
	Semi-úmido de altitude	Locas de alta altitude

Fonte: Sant´Anna Neto (2004)

Embora muito semelhantes, Sant´Anna Neto (2004), argumenta que a classificação de Delgado se diferenciava da classificação de Morize por propor uma outra subdivisão que contemplava as feições regionais delimitadas pelas características termo-pluviométricas e de circulação atmosférica.

A institucionalização da climatologia no Brasil no fim do século XIX se deu alicerçada nos paradigmas de salubridade, higiene e saúde pública originadas em expressivos empenhos de médicos sanitaristas que buscavam interpretar a relação entre clima, homem e a cultura com destaque para o professor da Faculdade de Medicina do Rio de Janeiro Afrânio Peixoto (SANT´ANNA NETO, 2004).

Em sua obra intitulada “Clima e Saúde” publicada em 1938, Peixoto fez análise das condições climáticas associadas às moléstias que abrangiam a saúde pública e concluiu que embora algumas endemias podem ser facilitadas e outras inibidas, as influências climáticas não eram fatores que determinassem a proliferação de patologias e sim as más condições de higiene e salubridade, portanto um problema socioeconômico, desmistificando teses deterministas.

Dedicando suas pesquisas à climatologia, Afrânio Peixoto propôs uma nova classificação climática para o Brasil considerando três tipos climáticos assim como Morize e Delgado de Carvalho, no entanto enfatizando a tropicalidade de nosso

território. Sua primeira classificação foi publicada em 1908, sofreu algumas modificações em 1938 e foi estruturada em 1942 como demonstra a tabela 5.

**Tabela 5:** Classificação Climática de Afrânio Peixoto (1908, 1938 e 1942)

<b>Climas</b>	<b>Tipos (Gerais)</b>	<b>Região</b>
<b>Equatorial</b>	Quente e úmido	Alto Amazonas
	Quente e sub-úmido	Interior dos estados do Norte (PA, MA e MT)
	Sub-quentes e úmidos	Litoral dos estados do norte e nordeste
<b>Tropical</b>	Litorâneo	Litoral da BA e SE
	Litorâneo quente e úmido	Litoral da BA, ES e RJ
	Continental	Vale do Paraguai (MT/MS)
	Altitude	Regiões elevadas da BA, MG, ES, RJ e SP
<b>Temperado</b>	Litorâneo	Litoral de SP, PR, SC e RS
	Continental e de altitude	Estados de SP, PR, SC e RS

Fonte: Sant'Anna Neto (2004)

Outro importante avanço nos estudos climáticos brasileiros veio da influência das pesquisas em dinâmica atmosférica que se iniciaram em 1920 com as escolas de Bergen e de Chicago destacando os pesquisadores Solberg, Bergeron, Rossby e Bjerknes que promoveram significativos avanços no campo da meteorologia sinótica e dinâmica. Promovendo grande avanço da climatologia com a revisão dos conceitos cunhados por Max Sorre somadas a por às novas interpretações do francês Pierre Pédélaborde, na década de 1960.

A climatologia dinâmica no Brasil foi grandemente divulgada por Carlos Augusto Figueiredo Monteiro (1951), que publicou importante estudo climático sobre o Centro Oeste brasileiro, analisando de maneira integrada por vários anos os elementos climáticos em escalas diferenciadas construindo o método de estudo chamado de análise rítmica utilizado para estudos climáticos em áreas microespecializadas.

Seu trabalho foi dividido em três partes, sendo a primeira destinada a entender a relação dos elementos meteorológicos e as condições geográficas locais, concluindo que a precipitação estava diretamente correlacionada com as variações do relevo bem como identificou o comportamento sazonal pluviométrico local típico de regiões tropicais. A segunda parte de seu trabalho fez uma classificação do clima local baseando nas propostas de Köppen (1931), demonstrando que na região os tipos de clima basicamente são Aw com temperaturas elevadas verão chuvoso e inverno seco, e Cw com temperaturas moderadas e verão quente e chuvoso. Na terceira e última parte de seu trabalho demonstrou os motivos que levam sua obra a ser considerada o início das suposições acerca da climatologia dinâmica, salientando a relação entre o clima e a cobertura vegetal e suas influências nas relações humanas.



Monteiro (1962) apud Sant'Anna Neto (2004), em sua publicação ressaltou a necessidade de um caráter genético para classificação climática, demonstrando a insuficiência do método analítico para classificar e compreender a gênese do clima e sugerindo que a ciência deveria avançar em direção ao à consideração do ritmo diário com uso de cartas sinóticas, correlações com outros fatores geográficos locais. Já em 1963, Monteiro publicou um estudo “Sobre a análise geográfica das seqüências de cartas de tempo” destacando as questões referentes à utilização da análise geográfica de cartas de tempo no estudo do clima, sendo pioneiro nessa abordagem no país.

Aprofundando seus conhecimentos, (Monteiro, 1964) publicou “Sobre índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática” reforçando sua defesa sobre a classificação genética do clima, constatando que o estudo dos índices de participação das massas de ar inseridos nas faixas zonais e combinados às influências dos fatores geográficos, podem oferecer subsídios para a delimitação dos climas regionais.

Desta forma, Monteiro (1964) ergue o paradigma do ritmo climático iniciado em seu trabalho intitulado “A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo (Estudo Geográfico em forma de Atlas)”, finalizado em 1964, contudo publicado apenas em 1973. Esse trabalho Monteiro (1973) estrutura um esquema das feições climáticas individuais do território paulista, inserindo-as nas células climáticas regionais que se articulam com as faixas zonais.

Em sua tese de doutoramento intitulada “A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil (contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil)”, Monteiro (1969), concluiu que os extremos de pluviosidade estavam fortemente relacionados à participação da Frente Polar Atlântica e que as oscilações de intensidade das invasões polares geravam alternância em sua posição entre o Prata e o Trópico de Capricórnio, condicionando resultados pluviais contrastantes naquelas regiões.

Também em sua tese, Monteiro (1969) explica que a abordagem dinâmica da análise rítmica não pretende invalidar ou substituir completamente a abordagem analítica tradicional, esta de caráter predominantemente estático, as quais, apesar de assumirem atitudes diferentes em suas projeções temporais e espaciais, se complementam. Ele aponta que, no tratamento estático, é comum a utilização de longos períodos de observação e mensuração dos fenômenos meteorológicos, enquanto o

dinâmico deve preferir a amostragem de individualidades do tempo cronológico, mas que sejam expressões reais de observação.

### **3.3 Circulação atmosférica no Brasil**

Os fenômenos atmosféricos não devem ser estudados separadamente, a atuação de frentes frias, ondas de calor, chuvas torrenciais, secas repentinas e prolongadas entre tantos outros fenômenos climáticos estão diretamente relacionados ao conjunto de fatores inerentes a natureza da atmosfera e da superfície bem como também se relacionam com eventos externos ao planeta como a radiação solar, desta forma, a atmosfera se mostra dinâmica e seus eventos relacionados a um conjunto de fatores.

A circulação atmosférica forneceu à climatologia métodos de análises mais consistentes e completos para interpretação dos eventos climáticos, passando a ser conhecida como Climatologia Dinâmica, denominada também como moderna climatologia, se tornando importante ramo das ciências atmosféricas.

De acordo com Nimer (1979) essa importante linha de investigação climática, destina-se a análise do comportamento das massas de ar como as frentes, ciclones, anticiclones e demais fenômenos dinâmicos da atmosfera, ou seja, ela busca relacionar a circulação da atmosfera com fatores do tempo e do clima.

Segundo Sant'Anna Neto (2004), os estudos sobre a circulação atmosférica no Brasil se destacaram nas décadas de 1930 e 1940 com os pesquisadores Adalberto Serra e Leandro Ratisbonna oriundos da escola politécnica do Rio de Janeiro. Contudo, o desenvolvimento da climatologia dinâmica só foi possível devido ao esforço de Sampaio Ferraz em expandir a rede meteorológica pelo Brasil e também devido aos avanços metodológicos alcançados pelos estudos conduzidos pela escola de Chicago e Bergen. Assim, em 1938 e 1939 foi possível a publicação dos primeiros resultados de Serra sobre a circulação atmosférica identificando os centros de ação dos sistemas atmosféricos da América do Sul.

Nos anos de 1941 e 1942, trabalhando com Ratisbonna, Serra publicou seus mais importantes trabalhos sobre circulação atmosférica, quando tratou a dinâmica atmosférica a partir da caracterização das massas de ar e das trajetórias dos sistemas atmosféricos além de dois estudos de caso sobre a friagem na Amazônia e sobre o clima do Rio de Janeiro. Dentre tantas obras relevantes para as ciências atmosféricas Serra também foi responsável por revelar o sistema de circulação atmosférica geral e secundária sobre o território brasileiro (SANT'ANNA NETO, 2004).

Contudo, de acordo com Nimer (1979) as massas de ar são definidas como um grande volume de ar com características de temperatura, pressão e umidade homogêneas num plano horizontal podendo cobrir milhares de quilômetros. As massas de ar são responsáveis pelas condições meteorológicas dominantes numa região num dado período. As características das massas de ar estão relacionadas ao seu local de formação, como as que se formam em superfícies geladas e adquirem baixas temperaturas, altas pressões e baixa umidade e podem ser consideradas marítimas ou continentais. Assim, para que uma massa de ar se originar é necessário que um determinado local apresente superfície e temperatura uniforme e pressão constante, e desta maneira à medida que ela se desloca vai alterando suas características de acordo com a superfície sobre as quais vai passando.

Numa época em que a meteorologia e a climatologia se desenvolviam paralelamente, vários pesquisadores dedicados as ciências atmosféricas trabalhavam em conjunto, sendo o período que compreende 1920 a 1960 um dos mais proveitosos para tal ciência, período no qual geógrafos se empenhavam em contribuir para caracterização da fisiologia da paisagem e os meteorologistas buscavam entender os mecanismos da circulação atmosférica, e em conjunto buscavam entender a relação dos fenômenos atmosféricos com a superfície terrestres.

Assim de acordo com Nimer (1979), o desenvolvimento da meteorologia sinótica e dinâmica no Brasil tomou corpo a partir dos estudos de Ferraz, Serra e Ratisbonna que podem ser considerados como marcos históricos do desenvolvimento da Climatologia Dinâmica que acrescida das considerações de Max Sorre nas décadas de 1940 e 1950 permitiram a consolidação dessa área do conhecimento fornecendo assim métodos contundentes para entendimento dos fenômenos atmosféricos.

Mendes (2001) relaciona e descreve as *massas tropicais e equatoriais* atuantes no Brasil:

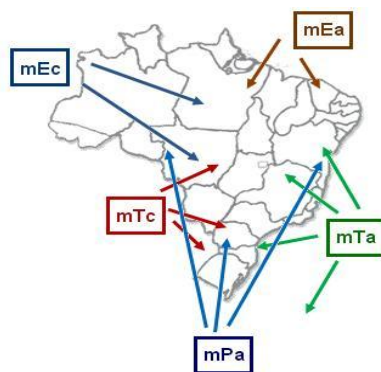
**Massa Tropical Atlântica (mTa)**, originária no Atlântico sul, próximo ao Trópico de Capricórnio, no anticiclone de Santa Helena. Possui características de ser quente e úmida, forma os ventos alísios de sudeste, atuando nos litorais do Nordeste, Sudeste e Sul. Provoca chuvas frontais de inverno, pois encontra-se com a mPa; no Sudeste, chuvas de relevo, em contato com a Serra do Mar, atua durante todo o ano.

**Massa Tropical Continental (mTc)**, originária da Depressão do Chaco, possui a característica de ser quente e seca. Na primavera-verão, encontra-se com a mEc, provocando chuvas, no outono-inverno, encontra-se com a mPa, ocorrendo baixo índice pluviométrico.

**Massa Polar Atlântica (mPa)**, Origina no continente antártico. Possui a característica de ser fria e seca, atuando nas regiões Sul e Sudeste com maior intensidade. Atinge o litoral do Nordeste, onde se encontra com a mTa e provoca chuvas no inverno, atinge a Amazônia, ocasionando quedas de temperatura.

**Massa Equatorial Continental (mEc)**, originária da porção noroeste da Amazônia, possui a característica de ser quente e úmida, atuando na Amazônia Ocidental, praticamente, durante todo o ano e, no verão, nas demais regiões do Brasil.

**Massa Equatorial Atlântica (mEa)**, tem sua origem no Atlântico norte, onde se localiza o anticiclone dos Açores. Possui a característica de ser quente e úmida, forma os ventos alísios de nordeste, com atuação, principalmente, no litoral das regiões Norte e Nordeste, nas estações da primavera e do verão.



**Figura 2** – As Massas de Ar que atuam no Brasil.

Para entender o comportamento das massas de ar, faz-se necessário identificar a distribuição isobárica em função das latitudes no oceano e no continente. Serra e Ratisbonna (1942, p.71) assim resumiram a distribuição isobárica no verão, mediante análise de cartas de pressão na América do Sul:

- a) os anticiclones semi-fixos, ou centros de ação do Atlântico que tangenciam o litoral. As suas pressões máximas são respectivamente de 1021 a 1023 mb. Tais centros se encontram na sua maior latitude nesta época do ano.
- b) a zona circunpolar de baixas pressões a partir da latitude de 40°, com pequena curvatura para norte sobre o continente, dado o aquecimento deste, relativamente ao mar, nessa época do ano.
- c) depressão térmica continental, oriunda do forte aquecimento terrestre no verão, e cuja pressão central é de

1008 mb. Ela produz no litoral uma inflexão nas isóbaras do centro de ação do Atlântico. d) o anticiclone frio do Antártico, muito enfraquecido no verão e recuado para o pólo. e) o anticiclone do Atlântico, no hemisfério norte, tangenciando a costa septentrional do continente. (Serra e Ratisbonna, 1942, p. 71)

As massas originadas no continente antártico penetram e passam pelo oceano onde se aquece e umedece rapidamente desta forma o ar torna-se polar marítimo e dessa forma penetram no continente sul-americano entre duas células de alta pressão (anticiclone) do Atlântico e do Pacífico, para seguir, depois, três trajetórias diferentes condicionadas pela orografia. Uma segue em direção do Andes sobretudo no verão, quando a Frente Polar Pacífica se afasta do continente permitindo o acesso das massas polares que seguem para o Chile formando as “suradas”. As outras massas polares deslocam-se para leste da cordilheira, sob a forma de pequenas dorsais ou de grandes anticiclones. Os caminhos de menor resistência nessa região são: o da depressão geográfica continental (pela baixa do Chaco e Estados de Mato Grosso e Amazonas) a oeste do Maciço Brasileiro e o do Oceano Atlântico, a leste deste Maciço (SERRA e RATISBONNA, 1942).

De acordo com Mendes (2001) a massa equatorial continental (mEc) se forma em locais de baixa pressão e avança para o sul durante o verão causando aumento da temperatura e umidade em grande porção do território brasileiro, exceto o sul onde atuam as mTa e mPa e nordeste que fica sob atuação dos ventos alísios de nordeste (mEa).

Segundo Serra e Ratisbonna (1942), nas estações de outono e primavera há maior penetração dos ventos de leste sobre a terra indicando domínio do anticiclone do Atlântico Sul sobre o continente sendo responsável pela formação de chuvas em grande extensão dos litorais sul e sudeste brasileiros.

Já Nimer (1979), diz que entre o final da primavera e início do outono, os ventos de Oeste e Nordeste conduzidos por linhas de instabilidades tropicais podem ocasionar tempestades no interior do Brasil.

### 3.4 Circulação atmosférica na Região Sudeste do Brasil

A Região Sudeste localiza-se na borda ocidental do oceano Atlântico e situa-se entre os paralelos de 14° a 25° sul, o que faz com que quase todas suas terras estejam localizadas na zona tropical. Possui litoral em toda sua extensão, o que evidencia que ela conta uma superfície oceânica à disposição de intenso processo de evaporação e condensação.



**Figura 3:** Localização geográfica da região nordeste brasileira:

De acordo com Nimer (1979), o conhecimento dos fatores como relevo, a latitude, a continentalidade ou a maritimidade, dentre outros, agem sobre o clima de determinada região em interação com os sistemas regionais de circulação atmosférica. Contudo apenas o conhecimento dos fatores geográficos que interferem na dinâmica atmosférica de um local, não é suficiente para compreensão de seu clima, uma vez que este não pode ser analisado sem a consideração dos mecanismos atmosféricos.

Segundo Nimer (1979), dos aspectos da circulação atmosférica do Sudeste brasileiro, principalmente aqueles atuantes no verão, origina-se a unidade climática desta região, assim o sudeste do Brasil é uma região onde ocorre o choque entre o sistema anticiclone móvel polar e o sistema de circulação anticiclonal subtropical semifixo do atlântico em condições de equilíbrio dinâmico.

Desta forma a frente Polar Atlântica é originada pela subsidência do ar mais quente e úmido (mTa), ao alcançar maiores altitudes o ar quente resfria, sua umidade condensa produzindo chuvas de grande duração, atingindo áreas com intensidade média podendo vir acompanhadas de ventos fortes com circulação ciclônica.

Desta forma duas áreas são claramente mais chuvosas, sendo que uma se estende no sentido SW-NE acompanhando o litoral da Serra do Mar, sentido sob maiores influencias das correntes da frente polar do Sul. A outra área chuvosa estende-se no sentido NW-SE, do oeste de Minas Geras para o Rio de Janeiro, local onde ocorre o

equilíbrio dinâmico entre o sistema de circulação anticiclone subtropical do Atlântico Sul e o anticiclone polar, além de estar na rota das linhas de Instabilidade Tropical (NIMER, 1979).

De acordo com Mendes (2001), sobre a Região Sudeste também ocorre uma associação entre as frentes frias que atingem a região e as Linhas de Instabilidade Tropical. Quando essa associação ocorre, uma interação entre os sistemas de latitudes médias (frentes) e os de altitudes tropicais (IT), essa interação é conhecida como Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que ocasionam chuvas intensas e prolongadas no Sudeste principalmente em Estado de Minas Gerais.

A precipitação na Região Sudeste apresenta máximo pluviométrico no verão, e o mínimo no inverno. Isto denota que os períodos mais chuvosos compreendem épocas em que os dias são maiores e os períodos menos chuvosos em épocas em que as noites são mais longas que os dias, se caracterizando assim como um sistema típico da região tropical com período de chuvas abundantes e outro período em que a precipitação se dá em poucas quantidades principalmente em Minas Gerais.

Segundo Nimer (1979), essa distribuição das chuvas, deve-se ao fato de que a Região Sudeste está sujeita a maior ou menor atuação das Frentes Polares durante o período chuvoso (outubro a março). Em anos em que as chuvas são mais abundantes, são caracterizadas por desvios positivos e alto índice de participação de correntes perturbadas do Sul no semestre chuvoso enquanto que o contrário ocorre no período em que ocorrem baixos índices de correntes perturbadas.

Essa dinâmica que caracteriza a Região Sudeste e Minas Gerais é proveniente do “equador térmico” para o sul, local em que em função da continentalidade, tem origem uma zona de baixa pressão, dando possibilidade para a convergência dos alísios do Nordeste, ocasionando aumento da precipitação na região que atuando em conjunto com a mEc, gera chuvas e temperaturas mais elevadas na maior parte do território brasileiro (MENDES, 2001).

### 3.5 Clima Urbano

A baixa qualidade da atmosfera em ambientes urbanos preocupa a humanidade há vários séculos, de acordo com Spirn (1995), já no império romano os aromas liberados das cozinhas em conjunto com a fuligem e vapores geravam desconforto e mal-estar.

Contudo, os primeiros estudos direcionados ao clima urbano só sugeriram séculos mais tarde em Londres em 1661, constatando que a poluição gerada pela queima de carvão provocava alterações na temperatura do ar da cidade. No entanto, em 852 d.C., a cidade de Londres já apresentava uma atmosfera contaminada. Em 1787 muito se discutiam a respeito do odor da cidade Munique na Alemanha e suas condições atmosféricas, e que principalmente após a Revolução Industrial, muitas alterações no clima da cidade foram constatadas tendo com agravante a sua acintosa urbanização (SPIRN, 1995).

De acordo com Saydelles (2005), em outro importante estudo sobre o clima de Londres que foi publicado em três volumes pelo químico Howard em 1883, concluiu que o ar da cidade estava contaminado e que as temperaturas estavam mais altas na cidade que em seus arredores, fenômeno atualmente definido como ilha de calor.

Entretanto as atmosferas das cidades só foram estudadas detalhadamente no século XX, devido a expressivos esforços de geógrafos e meteorologistas que se interessaram em estudar os impactos causados pelo acelerado processo de urbanização e industrialização principalmente após a 2ª Guerra Mundial. Desde então, multiplicaram-se os estudos sobre o clima urbano, inicialmente na Europa e pouco depois na América do Norte (SAYDELLES, 2005).

Geiger (1961), relatou que os métodos utilizados nos primeiros estudos sobre o clima urbano não eliminavam as interferências causadas pela topografia e a vegetação mesmo quando a homogeneização das séries era possível, pois tais métodos se baseavam em observações simultâneas no ambiente intra-urbano e nos seus arredores. Contudo Geiger (1961) reitera que somente a partir de 1929 que os estudos ganharam métodos mais eficientes, quando alguns pesquisadores como Wilhelm Schimdt e Pepler, mediram a temperatura do ar com a utilização de automóveis voltando várias vezes ao mesmo ponto de coleta desprezando assim as variações do tempo.

Monteiro (1976) diz que embora tenha ocorrido uma grande evolução nos métodos de análise e na epistemologia da ciência, até meados do século XX os estudos



sobre clima urbano apenas investigavam sob aspectos meteorológicos dando pouco destaque a degradação ambiental proveniente da atividade antrópica.

De acordo com Saydelles (2005) seguindo nessa tendência muitos trabalhos foram publicados como “The Climate of London” de Chandler (1965) que realizou análises separadas dos elementos atmosféricos tais como pressão, tipos de tempo, ventos, insolação, massas de ar e frentes sem estabelecer uma relação entre os mesmos.

Devido a análises como as descritas anteriormente que geógrafos e climatólogos realizaram duras críticas aos trabalhos desenvolvidos até então, pois estes defendiam que havia a necessidade de estudar os demais elementos presentes no clima urbano, dentre eles Monteiro (1961) demonstra a necessidade de estudar a atmosfera da cidade bem como sua estrutura construída pelas ações da sociedade.

De acordo com Saydelles (2005), tendo em vista as deficiências dos métodos utilizados até então, Monteiro (1976) propôs um método de análise específico para os climas das cidades, embasado na análise rítmica da circulação atmosférica regional e identificando os tipos de tempo, tal método foi chamado de Sistema Clima Urbano (SCU) que se subdivide em Termodinâmico que corresponde ao Conforto Térmico, o Físico-Químico que corresponde a Qualidade do Ar e o Hidrodinâmico Impacto Meteórico.

Assim, partindo do método de análise proposto, o clima urbano pôde ser definido segundo como Monteiro (1991, p.11) “como um sistema complexo, aberto, adaptativo que, ao receber energia do ambiente maior no qual se insere, a transformar substancialmente a ponto de gerar uma produção exportada ao ambiente”.

Contudo, outros importantes conceitos foram cunhados com o desenvolvimento dos estudos sobre o clima urbano, como o de Oke (1978) e o conceito de “Sky View Factor”, utilizado primeiramente pela Biologia para estudos de radiação em florestas e por Olgyay em 1973 para ambientes arquitetônicos. O de “Sky View Factor”, é utilizado para quantificar a abertura para o céu em determinados pontos da superfície para que sejam realizadas as trocas de energia com a superfície.

Contudo, mesmo depois de vários anos de estudos sobre o clima urbano, os métodos se mostram controversos e pouco eficientes principalmente quando direcionados às regiões equatoriais e tropicais, como demonstra Mendonça (1994) após realizar um vasto levantamento bibliográfico, o autor deixa evidente a baixa representatividade da climatologia brasileira diante da internacional.

Desta forma, muitos trabalhos estão sendo elaborados no Brasil em países da América do Norte e Europa buscando avaliar os impactos da expansão urbana na atmosfera da cidade.

Contudo, os estudos conduzidos com a temática do clima urbano se mostram como importantes fontes de dados e metodologias para que os pesquisadores produzam obras mais elaboradas agregando maior embasamento nos experimentos.

Quereda Sala (2000) em seu estudo sobre o impacto da expansão urbana na Espanha em sua porção Mediterrânea, conclui que o aumento de cerca de 0,57° C na temperatura média a partir a segunda metade século XX pode ser resultado da expansão urbana envolvendo as estações meteorológicas presentes no local, o autor ainda relata que comparando a evolução das temperaturas urbanas e rurais as tendências das primeiras se mostraram com desvios positivos maiores.

Baker et al (2002) identificaram que na cidade de Phoenix, Estados Unidos, o acelerado processo de urbanização com profundas alterações da cobertura do solo e intensa atividade antrópica, causaram fortes alterações nas temperaturas com número maior de dias quentes e breves períodos de frescor diminuindo o período de conforto térmico humano, aumentando o número de crimes, apresentando diminuição da produção vegetal, aumento nos dias no ciclo de reprodução dos artrópodes além da diminuição da produção de leite em decorrência dos longos períodos quentes.

Kolokotroni et al (2005) argumenta que o clima da cidade de Londres apresenta temperaturas superiores às de sua área rural e por isto a zona urbana demanda mais energia e investimentos para amenização das temperaturas altas diminuindo o desconforto gerado pelas construções.

Jusuf et al (2007) em seu estudo sobre a influência do uso do solo na formação de ilhas de calor em Cingapura, conclui que a substituição de áreas verdes por materiais impermeabilizantes como concreto e aço associada às atividades humanas provocam aumento da temperatura da superfície principalmente em áreas industriais ocasionando desconforto.

No Brasil vários pesquisadores demonstram interesse pelo assunto desenvolvendo bons trabalhos sobre o clima de nossas cidades. Tem-se como exemplo o trabalho de Araújo et al. (2002), que estudaram o processo de urbanização e a produção do clima de São Luís e concluíram que o aquecimento diurno ocorriam com maior frequência em áreas mais urbanizadas com maiores concentrações de pessoas, construções e automóveis.

Amorim (2002) argumenta que na cidade de Presidente Prudente apresenta graves problemas ambientais decorrente do crescimento urbano desordenado como a maioria das cidades brasileiras, assim a cidade apresenta significativa diferenças de temperatura e umidade entre suas áreas intra-urbana e rural, afirmando assim que há a formação de clima urbano específico originado da combinação de do tipo de uso e ocupação do solo com carência de cobertura vegetal.

Em outro trabalho sobre a cidade de Presidente Prudente, Vicente et al. (2002), destacam a importância do planejamento urbano com estratégia de mitigação dos desconfortos gerados pelo impacto da urbanização e formação de ilhas de calor, pois de acordo com os autores a área central da cidade em períodos de verão apresenta elevados índices de calor e baixos valores de umidade.

Na cidade de Viçosa em Minas Gerais, alguns trabalhos buscam demonstrar uma estreita relação entre sua expansão urbana e os impactos ambientais locais inclusive no clima da cidade. Dutra et al (2006) embora argumentem que não há alterações no regime pluviométrico do município, estes associam as freqüentes inundações ao crescimento urbano desordenado observado pela cidade nos últimos anos.

De acordo com Santos (2007) a formação de ilhas de calor noturnas no município de Viçosa está relacionada ao processo de urbanização intenso experimentado pela cidade e também pelas atividades econômicas desenvolvidas durante a semana uma vez que o autor conclui que há mobilidade espacial dos núcleos de calor nos dias que compõem o fim de semana.

Outro trabalho sobre o clima da cidade de Viçosa foi realizado por Alcântara (2008), no entanto este apresenta um viés mais qualitativo por buscar entender a as sensações térmicas da população ao longo dos anos. A autora conclui que tanto na zona urbana quanto na rural as pessoas têm seu bem estar e suas decisões influenciadas pelas condições do tempo e do clima e no que se referem aos meses mais chuvosos e secos, frios e quentes do ano que os moradores da zona rural percebem melhor a alteração do ambiente.

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 Revisão de Literatura**

Para elaboração alcançar os objetivos propostos, inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico retrospectivo demonstrando a evolução metodológica e conceitual da climatologia e meteorologia partindo das primeiras interpretações astronômicas e meteorológicas com Aristóteles até os trabalhos com metodologias mais complexas desenvolvidos sobre clima urbano na atualidade.

Após levantamento bibliográfico, concluiu-se que para obtenção de resultados contundentes era necessário lançar mão de métodos que avaliassem a questão climática numa escala regional como avaliar a dinâmica da circulação atmosférica da região na qual Viçosa está inserida.

### **4.2 Levantamento de dados**

Após buscar na literatura especializada os métodos mais adequados para desenvolvimento do estudo sobre o clima urbano de Viçosa – MG, foi feito o levantamento de dados meteorológicos coletados na estação do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, instalada no campus da Universidade Federal de Viçosa – UFV para o período de 1968 a 2008. Esse recorte temporal se deu por apresentar uma série contínua ininterrupta de dados meteorológicos.

Os dados de temperatura média que caracterizam a Região Sudeste do Brasil e o estado de Minas Gerais foram obtidos através do site NCEP Reanalysis que disponibiliza variadas séries históricas de dados climáticos sobre diversas latitudes e longitudes da superfície e para elaboração do estudo foi considerado o período de 1968 a 2008.

Também foi feito levantamento de dados que demonstrassem o processo de crescimento da cidade de Viçosa. Para tanto, contou-se com dados de consumo de água registrados pelo Serviço Autônomo de Águas e Esgoto (SAAE) nos últimos 33 anos que demonstram a evolução do seu consumo fornecendo assim parâmetros para que quantifique seu crescimento.

Outras fontes de dados utilizados para caracterizar o crescimento de Viçosa principalmente de sua área urbana foram a coleta de dados populacionais junto ao IBGE a partir do censo demográfico de 1950 e levantamento de dados de Imposto sobre

circulação de mercadorias e prestação de serviços (ICMS) e outras taxas que demonstram o ritmo de crescimento econômico da cidade no período de 1980 a 2007.

Em sua área urbana, foram coletadas fotos panorâmicas a fim de demonstrar a evolução das construções ao longo dos anos, para isso buscou-se arquivos históricos fotográficos da UFV e em publicações que retratam a história da cidade figuras 1, 2, 3 e 4 em anexo.

Para caracterizar o crescimento da UFV foram feitos levantamentos das áreas dos prédios construídos ao longo de sua história junto ao seu departamento de obras e arquitetura e também foram levantados os números referentes ao seu corpo docente discente e de servidores em seus relatórios de atividade.

#### **4.3 Tratamento Estatístico**

##### **3.3.1 Teste Mann-Kendall**

O tratamento dos dados meteorológicos foi feito utilizando técnicas estatísticas aplicadas às séries meteorológicas como o teste Mann-Kendall que analisa se há tendências nas séries climáticas além de permitir a detecção e localização do ponto inicial de determinada tendência o qual consiste do cálculo da estatística S dado na equação 1. Este teste é recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) em estudos de tendências em séries temporais de elementos climáticos (YU et al., 2002). De acordo com Silveira e Gan (2006), o teste de Mann-Kendall pode ser usado em séries descontínuas com distribuição desconhecida, com a vantagem de usar a magnitude relativa dos valores da série. Assumindo a hipótese nula ( $H_0$ ), ausência de tendência, os dados precisam ser variáveis aleatórias, independentes e identicamente distribuída.

Demonstrar o teste de Man-Kendall

$$\text{Equação 1. } S = \sum_{j=i+1}^n (R_j - R_i)$$

onde,  $R_j$  e  $R_i$  representam a ordem relativa de cada elemento da série temporal.

As diferenças ( $R_j - R_i$ ) recebem valor zero (0) se ( $R_j - R_i$ ) = 0, valor -1 se ( $R_j - R_i$ ) > 0 e 1 se ( $R_j - R_i$ ) < 0. Supondo  $H_0$  verdadeira, S apresenta uma distribuição aproximadamente normal com média zero e variância  $\text{Var}(S) = [(n*(n-1)*(2*n+5)]/18$ . Finalmente a estatística de teste Z é dada por:

$$\text{Equação 2. } Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S > 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S < 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Adotando um nível de significância de 95%,  $H_0$  é rejeitado se  $|Z| > z_{\alpha/2}$ , em que o valor  $z_{\alpha/2} = 1,96$  é obtido da tabela normal padrão. O sinal da estatística  $Z$  indicará se a tendência é positiva ( $Z > 0$ ) ou negativa ( $Z < 0$ ).

### 4.3.2 Normalização das variáveis climatológicas

Os dados coletados na estação foram normalizados com aplicação da equação 3 que retira a tendência dos dados da série histórica e desta maneira demonstrar o real comportamento das séries climáticas. Tal equação consiste na subtração do desvio padrão pela média do mesmo mês de todos os anos dividindo pela média de cada mês.

$$\text{Equação 3. } y = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

$\sigma$  = desvio padrão,  $\bar{x}$  = média do mesmo mês de todos os anos,  $x_i$  = média de cada mês.

Os dados obtidos junto aos órgãos públicos bem como os meteorológicos foram tabulados em de planilhas eletrônicas Excel, assim como os gráficos gerados também partiram da utilização deste software.

### 4.3.3 Análise de Correlação

Após coletados os dados das séries de temperaturas médias da Região Sudeste do Brasil e do Estado de Minas Gerais foi realizada uma análise de correlação entre as mesmas e os dados históricos das temperaturas médias coletadas na estação do INMET de Viçosa – MG.

A significância dos coeficientes de correlação gerados pela regressão linear entre as variáveis  $X_i$ ,  $X_j$ ,  $i \neq j$  têm distribuição normal univariada e foi testada por meio do teste de hipótese de *t student* como sugerido por Mingoti (2007). Assim se  $p_{ij}$  representa a correlação teórica entre  $x_i$  e  $X_j$  as hipóteses:  $h_0: p_{ij} = 0$  contra  $H_1: p_{ij}$  diferente 0 podem ser testadas por meio da equação 4.

$$\text{Equação 4. } t = \frac{R_{ij} \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}}$$

$n = n^\circ$  de observações

Onde  $R_{ij}$  é a correlação amostral observada entre  $X_i$  e  $X_j$ . Sob a hipótese nula, a estatística em equação 4 tem uma distribuição t student com  $(n-2)$ . Assim, para um nível de significância  $\alpha$ ,  $0 < \alpha < 1$ , encontra-se na tabela t de student o correspondente valor crítico  $t^c$  tal que:

Equação 5.  $PROB [T_{n-2} > t^c] = \alpha/2$

Se o valor observado da estatística t em equação 4 em valor absoluto exceder ao valor crítico  $t^c$ , a hipótese nula deve ser rejeitada. Desse modo, supondo-se que a distribuição normal seja válida para as variáveis, fez-se o teste t de student para verificar se as correlações entre as variáveis são significativas ou não em nível de 10%, 5% e 1%.

## **5 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO**

### **5.1 O município de Viçosa**

O município de Viçosa está localizado na Serra de São Geraldo situado na zona da Mata de Minas Gerais, situado entre as coordenadas geográficas: 20° 45` de Latitude Sul e 42° 52` de longitude oeste limita-se com os municípios de Teixeiras e Guaraciaba, ao norte; Paula Cândido e Coimbra, ao sul; Cajuri e São Miguel do Anta, a leste e Porto Firme, a oeste, possui uma área de 300,264 km<sup>2</sup> e uma população de aproximadamente 70.404 habitantes, de acordo com contagem realizada em 2007 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2007),

Segundo Paniago (1990), as primeiras instalações residenciais em Viçosa se deram nos vales formados pelo Ribeirão São Bartolomeu, devido à disponibilidade de água e facilidade de ocupação que favoreceram a produção de gêneros agrícolas, destacando a produção de café, que proporcionou a instalação da linha férrea ligando o município a várias importantes regiões do estado.

Segundo Pereira (2005), sua maior influência urbana, veio da instalação da Escola Superior de Agricultura e Veterinária - ESAV em 1926, se firmando como importante instituição de ensino superior do país, que em 1949 passaria a ser Universidade Rural do Estado de Minas Gerais devido a criação de novos cursos e em 1969 passou por outras significativas mudanças, como sua federalização se tornando Universidade Federal de Viçosa – UFV.

A UFV no início de suas atividades ocupava área física total correspondente a 3.751,7 ha, englobando antigas fazendas de café, como a Fazenda Boa Vista (LIMA et al. 1996), caracterizada por um relevo fortemente ondulado, inserido no contexto do Domínio dos Mares de Morros (AB’SABER, 2003). Este relevo é composto por várias unidades, tais como rampas, leito maior, leito menor, terraços aluviais antigos, topos aplainados e geformas côncavas e convexas (SANT`ANA, 1984).

Atualmente, a UFV conta com grande número de alunos, professores e servidores que movimentam a economia da cidade como demonstra a tabela 6.

**Tabela 6:** Viçosa e UFV em números (Resumo).

	2000	2007
IDH -M(a)	0.809	0.855
População(b)	64.854	70.404
Urbano	59.792	65.792
Rural	5.014	5.362
UFV (c)	-	16.157
Discentes	-	12.921
Docentes	-	854
Servidores	-	2.511
AREA (ha)	-	1.611,29

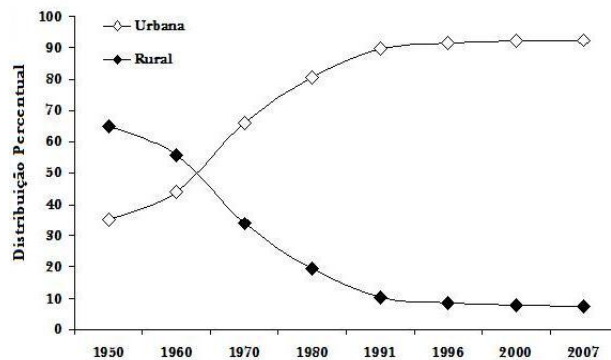
**Fonte:** (a) Índice de Desenvolvimento Humano municipal, PNUD (2003); (b) IBGE (2000 e 2007); e (c) UFV (2007).

A UFV se insere neste contexto de crescimento de Viçosa na medida em que tem sofrido ao longo dos anos uma grande expansão decorrente da criação de uma série de novos cursos, produção científica e demanda cada vez maior de serviços. Contudo entender, como a Universidade vem se desenvolvendo, implica compreender também todo um conjunto histórico maior que envolve o próprio município de Viçosa (MOREIRA, 2004).

De acordo com Mello (2002) a década de 1960 foi marcada pela consolidação pela urbanização de Viçosa, ocupando áreas de topografia plana nos fundos dos vales, sendo que seu crescimento e desenvolvimento ocorreram, principalmente em razão das oportunidades de emprego oferecidas pela Universidade Federal de Viçosa, que na necessidade de ampliar sua mão-de-obra oferecia melhores salários aos seus funcionários.

Assim, a expansão da UFV, associadas ao crescimento da economia urbana promoveram uma atração cada vez maior de migrantes para a cidade, levando o número de habitantes da área urbana ultrapassar o da área rural na década de 1960 como demonstrados na figura 4.





**Figura 4:** Distribuição percentual da população de Viçosa – MG.  
**Fonte:** IBGE (2007).

O fato de a Universidade atrair várias pessoas contribui também para o aumento da especulação imobiliária principalmente nas proximidades da UFV, tendo como consequência um acintoso processo de verticalização. Esse processo de verticalização teve seu início na década de 1990, época em que havia apenas prédios com apenas 5 andares, de maneira que atualmente existem vários edifícios concluídos com mais de 10 andares enquanto outros ainda estão em processo de construção.

Todavia, Mello (2002) descreve um quadro alarmante de degradação ambiental que condenam a qualidade de vida da população, em função da ocupação das encostas e topos de morro, cortes e aterros que comprometem a estabilidade do solo.

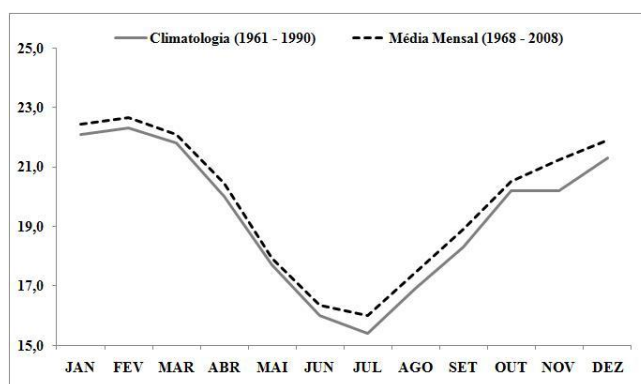
De acordo com Rocha (2008) uma das características mais impactantes ambientalmente observadas na cidade é a ausência ou escassez de áreas verdes como parques ou praças. Das avenidas ou ruas estudadas, o autor destaca que não há um padrão de distribuição das poucas árvores que existem, por haver vias bem arborizadas e outras não, contudo ao atentar para a região central da cidade, área densamente urbanizada, o autor destaca que existem números significativos de árvores.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Caracterização climática de Viçosa – MG 1961-1990 e 1968 - 2008

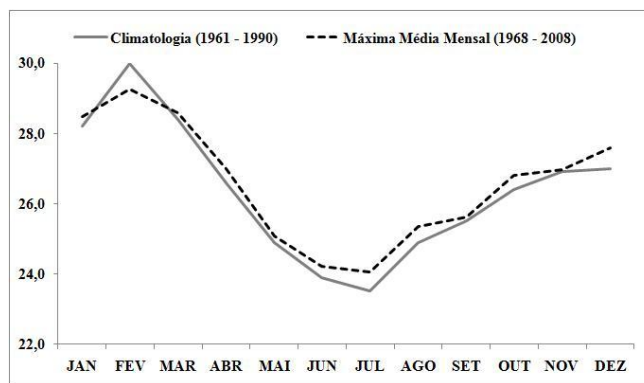
Em seus aspectos climáticos, Viçosa apresenta períodos bem definidos com invernos secos e frios e verões quentes e úmidos. Esta variação ocorre devido à atuação dos sistemas atmosféricos, ocasionando a sucessão de vários tipos de tempo.

Como demonstrado na figura 5, os maiores registros médios de temperatura estão entre os meses de dezembro e março, devido à maior incidência de radiação do hemisfério sul. Já as menores temperaturas médias são registradas entre os meses de maio a agosto, por motivos contrários aos das altas temperaturas, nesse período há menor incidência de radiação sobre a superfície do hemisfério sul, por estar no período de inverno. No entanto, observa-se que no período estudado (1968 – 2008) as médias da temperatura têm apresentado valores superiores aos da média histórica, indicando que as temperaturas apresentam acréscimos positivos nos últimos anos.



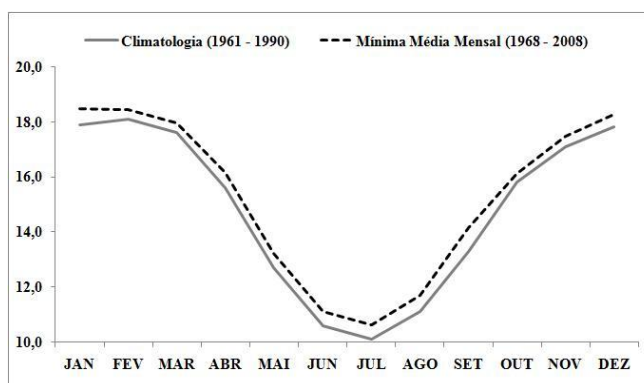
**Figura 5** – Distribuição da temperatura média mensal no município de Viçosa.  
**Fonte:** Departamento de Engenharia Agrícola/UFV.

Como demonstrado da figura 6, as temperaturas máximas médias registradas na estação entre 1968 e 2008, atingem seus valores mais elevados nos meses de fevereiro e março sendo 29,3 °C e 28,6 °C respectivamente, enquanto que a média histórica disponibilizada pelo INMET (1961 – 1990) apresentam pequenas oscilações em torno desses valores com temperaturas de 30°C e 28,4°C para os mesmos meses. De maneira geral observa-se que as temperaturas máximas têm demonstrado um ligeiro aumento de seus registros na maioria dos meses dos anos ao longo dos anos em relação à climatologia.



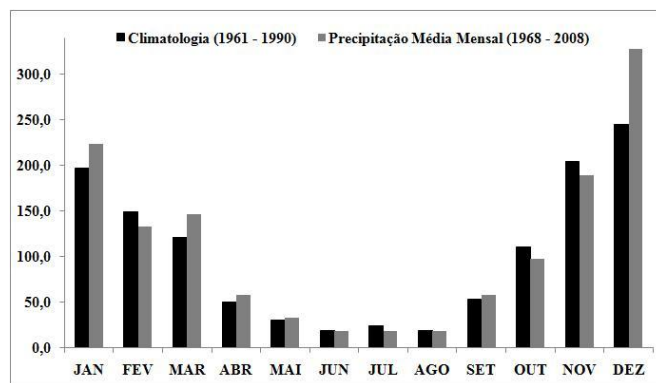
**Figura 6** – Distribuição da temperatura máxima média mensal no município de Viçosa.  
**Fonte:** Departamento de Engenharia Agrícola/UFV.

Como demonstrado da figura 7, as temperaturas mínimas médias registradas na estação entre 1968 - 2008, atingem seus menores valores nos meses de junho e julho sendo respectivamente, 11,1 °C e 10,6 °C, enquanto que a média histórica disponibilizada pelo INMET (1961 – 1990) apresentam pequenas oscilações em torno desses valores com temperaturas de 10,6°C e 10,1°C para os mesmos meses. Avaliando as temperaturas mínimas no período estudado, observa-se que as mesmas têm apresentado um acintoso desvio positivo de seus valores em relação aos registros históricos.



**Figura 7** – Distribuição da temperatura mínima média mensal no município de Viçosa.  
**Fonte:** Departamento de Engenharia Agrícola/UFV.

Como demonstrado da figura 8, a precipitação total mensal registrada na estação entre 1968 - 2008 atinge seus valores mais elevados nos meses de mais quentes dezembro e janeiro, já os meses com menor precipitação compreendem os meses de temperatura mais baixas, enquanto que a climatologia disponibilizada pelo INMET (1961 – 1990) apresenta pequenas oscilações em torno desses valores e demonstrando o mesmo comportamento sazonal.



**Figura 8** – Distribuição da precipitação total mensal (mm) no município de Viçosa.  
**Fonte:** Departamento de Engenharia Agrícola/UFV.

## 6.2 Expansão urbana de Viçosa – MG e da UFV e sua relação com variação climática

Vários aspectos demonstram o crescimento urbano de Viçosa além de sua notória expansão da área construída como pode ser observado na figura 9. Dentre os demais fatores relacionados a seu crescimento longo dos anos destacam-se seu crescimento populacional, sua arrecadação de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – ICMS, seu consumo de água e o número de veículos registrados no município.



**FIGURA 9.** (A) Vista Parcial do Calçadão e Praça Silviano Brandão 1940 e 2006. (B) Vista Parcial de Viçosa 1945 e 2006. (C) Vista Parcial de Viçosa 1935 e 2006. (Fonte AMORIM, 2006).

Como observado na figura 10 o crescimento da população de Viçosa está fortemente ligado ao seu processo de urbanização. Esse expressivo crescimento populacional se deve a migração de alunos e profissionais oriundos de vários lugares do Brasil e do mundo. Os alunos são atraídos pela oportunidade de cursar ensino superior em uma instituição pública de qualidade e os profissionais das mais variadas áreas são atraídos pelas oportunidades de emprego geradas direta e indiretamente pela UFV. O crescimento de sua população pode ser observado na figura 10.



**Figura 10:** Evolução da População de Viçosa  
**Fonte:** IBGE 2000

Ao migrarem para Viçosa, estes buscam se estabelecer nas proximidades das instituições de ensino e da rede de prestações de serviços da cidade, incrementando seu quadro populacional urbano bem como aquecendo sua economia. Cabe destacar ainda que embora a rede de ensino viçosense tenha a UFV como principal fator de influência em seu crescimento, outras instituições de ensino superior particulares tem se instalado na cidade e desta forma incrementando seu ritmo de crescimento.

Desta forma o principal fator gerador de riquezas da cidade está baseado nas demandas geradas pelo setor de ensino, contando com várias pequenas empresas prestadoras de serviços e vasta rede de comércios. De fato, o município não tem expressiva atividade industrial – as ativas são de pequeno porte – tende assim à medida que cresce a população, captar recursos em outras fontes, tais como: registros oriundos da construção civil, licenciamento e transferências de veículos, multas de trânsito, IPTU, juros, taxas e etc. Assim, desde 1980, observa-se uma inversão na forma de arrecadação dos tributos. Trata-se de uma cidade essencialmente universitária, ou seja, o desenvolvimento do município está diretamente relacionado à rede de prestação de serviços, estimulado pela demanda da rede de ensino, principalmente da UFV, escolas e outras universidades (tabela 7).

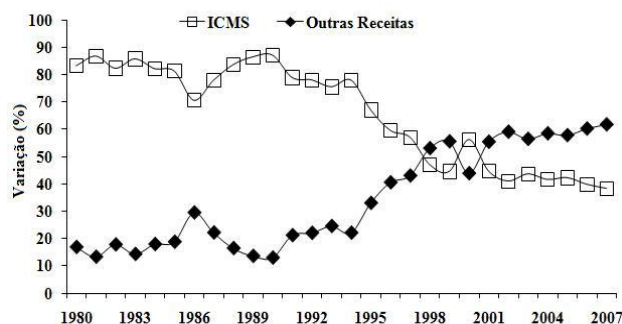
**Tabela 7:** Viçosa em números, em 2004:

Setor de atividade (Empresas Urbanas)

Sector de atividade	Número de empresas	Porcentagem
Indústria	122	5,3%
Comércio	1.166	50,3%
Serviços	927	40,0%
Atividades não Empresariais	101	4,4%
Total	2.316	100%

Fonte: Cruz et al. (2005)

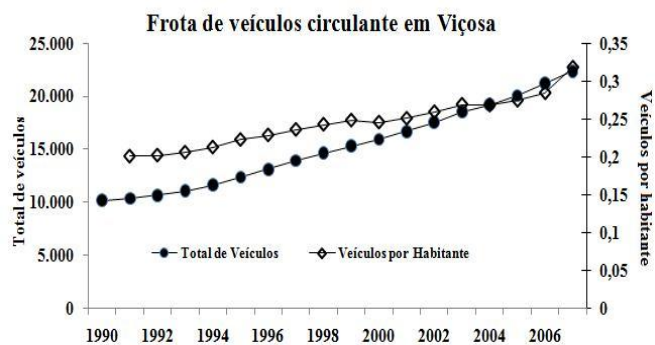
Todavia, o crescimento da cidade de Viçosa pode ser observado também na figura 11, onde se vê a marcha anual, em %, do montante financeiro das suas fontes de arrecadação. Um município, basicamente, tem suas arrecadações provenientes de impostos, taxas e repasses dos governos que podem ser dividido em duas categorias: ICMS e outras fontes de receitas. Na figura 11, observa-se desde 1980, uma inversão na arrecadação municipal. Ou seja, o município por ter poucas indústrias – e as presentes são de pequeno porte – tende à medida que cresce reduzir, proporcionalmente, impostos na forma de ICMS. Em contrapartida, outras fontes de receitas totalmente em função da expansão urbana têm aumentado, tais como: registros oriundos da construção civil, licenciamento de veículos, multas de trânsito, outros impostos, juros, taxas, etc.



**Figura 11:** Arrecadações em Viçosa (MG).

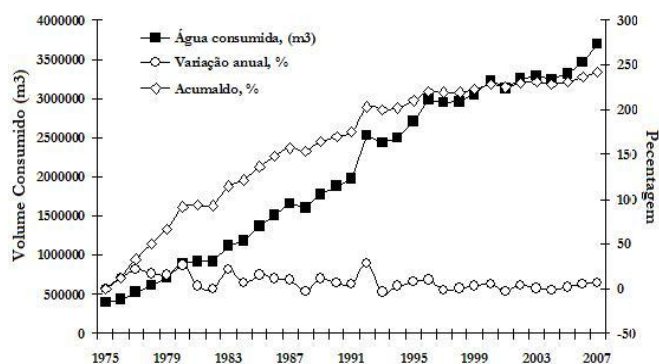
Fonte: Secretaria da Fazenda de Minas Gerais.

Outro importante fator relacionado ao crescimento populacional está ligado a demanda por bens materiais, principalmente, veículos que tem apresentado números crescentes de sua frota ao longo dos anos. O aumento da frota de veículos tem gerado vários transtornos a cidade, uma vez que seu sistema de vias não comporta mais tantos veículos circulando ao mesmo tempo, causando freqüentes transtornos como acidentes e congestionamentos em horários de pico, a evolução do número de veículos registrados em viçosa pelo DETRAN-MG pode ser observado na figura 12.



**Figura 12:** Frota de veículos circulantes de Viçosa - MG  
**Fonte:** DETRAN-MG

Outra importante informação sobre o crescimento de Viçosa diz respeito ao seu consumo de água, que tem alterado acintosamente seus padrões ao longo dos anos. O SAAE (2007), em seus levantamentos, aponta que mais de 98% da população atualmente receba água tratada em suas residências. A figura 13 mostra, entre 1975 e 2007, o volume anual de água consumida pela população de Viçosa e suas taxas de crescimento. O fornecimento, em 33 anos de monitoramento, mostra que o volume fornecido, em 2007, foi da ordem de 850% maior quando comparado com o fornecimento de 1975. A taxa de fornecimento, ano a ano, em %, vem apresentando tendência de queda. Após 1992 a variação desta não ultrapassou os 10%. Podendo atribuir este fenômeno as medidas operacionais estabelecidas pelo SAAE que vem tornado a distribuição mais eficiente, como por exemplo, a implantação de novas redes de fornecimento e a complementação do abastecimento por meio de adutora. Por sua vez, anos com taxas negativas sugerem crises e racionamentos no fornecimento – comuns em anos com chuvas abaixo da média.

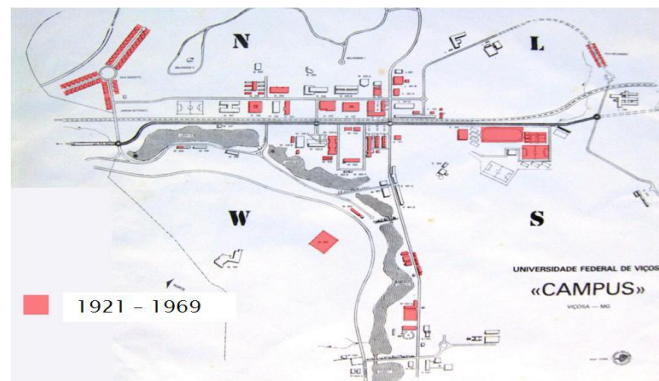


**Figura 13:** Consumo de água observada em Viçosa.  
**Fonte:** SAAE – Viçosa (MG).

A UFV não só é o principal agente impulsionador do crescimento de Viçosa, como também passou por profundas alterações ao longo dos anos tanto em sua área edificada quanto em seu quadro de alunos. Atualmente a UFV conta com uma área

construída de aproximadamente 300.220,28 m<sup>2</sup>. Contudo, essa suntuosa infra-estrutura foi construída ao longo dos anos atendendo as demandas que o desenvolvimento da instituição necessitava em cada período.

Nos período compreendido na figura 14 destacam-se as edificações erguidas entre os anos de 1921 e 1969, período no qual compreende a ESAV (Escola Superior de Agricultura e Veterinária) que à partir de 1948 passou a ser conhecida como UREMG (Universidade Rural do Estado de Minas Gerais). É muito difícil organizar uma evolução de edificações como a da UFV, pois muitos dados não estão disponíveis ou não existem além do fato de muitas instalações sofrerem alterações sem ocorrerem registros. Contudo através de minucioso levantamento de dados pode-se afirmar que de acordo com a figura 14, durante o período citado, a UFV contava com aproximadamente 83.563,93 m<sup>2</sup> de área construída que compreendiam departamentos, centros de ciências, salas de aulas, prédios administrativos, oficinas entre outras construções destinadas a manter a Universidade em funcionamento.

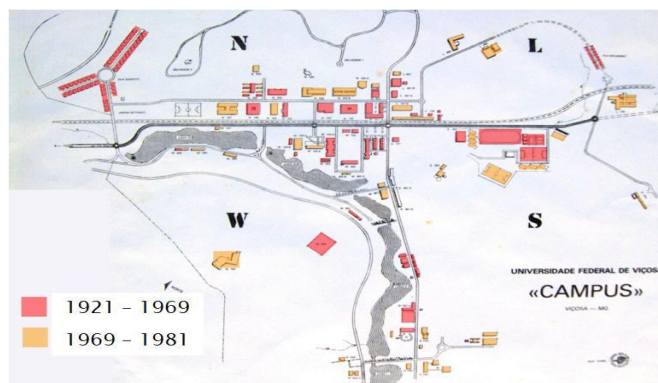


**Figura 14:** Edificações da UFV construídas no período de 1921 a 1969

**Fonte:** Plano de desenvolvimento físico ambiental da UFV - Campus Viçosa

A partir da federalização da ESAV se tornando UREMG em 1948 vindo a ser denominada em 1969 Universidade Federal de Viçosa, ocorreu um expressivo aumento no número de cursos que demandaram conseqüentemente um aumento no número de instalações para abrigar as diretorias e atenderem as demandas de ensino geradas. Desta forma, uma nova foi acrescentada uma área de aproximadamente 44015,04 m<sup>2</sup> nas quais se destacam vários departamentos como o de solos, engenharia agrícola e veterinária destacam-se também o pavilhão de aulas 1, centro médico universitário, ampliação dos alojamentos e a construção do Centro de Vivência como demonstra a figura 15.

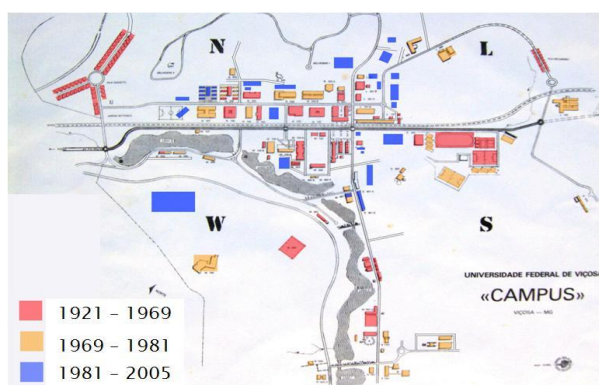




**Figura 15:** Edificações da UFV construídas nos períodos de 1921 a 1969; 1969 a 1981  
**Fonte:** Plano de desenvolvimento físico ambiental da UFV - Campus Viçosa

Todavia, o crescimento da infra-estrutura da UFV continuou nos anos posteriores uma vez que mais cursos iniciaram suas atividades, e novamente fez –se necessário a ampliação das edificações para comportar sua demanda por salas de aulas, departamentos, laboratórios entre tantas outras necessidades da instituição como demonstrado na figura 16.

No período demonstrado pela figura 16, destaca-se a construção do Departamento de Artes Humanidades, bem como as instalações do Agros - Instituto UFV de Segurança, Centro de Ciências Exatas e os preparativos para mais um expansão da universidade que tem como meta aumentar seu número de cursos da área de saúde como medicina e desta forma um novo ciclo de crescimento se iniciará em novos moldes.



**Figura 16:** Edificações da UFV construídas nos períodos de 1921 a 1969; 1969 a 1981; 1981 a 2005.  
**Fonte:** Plano de desenvolvimento físico ambiental da UFV - Campus Viçosa

Tomando por base os dados disponibilizados pelo SAAE e IBGE, observa-se que Viçosa vem apresentando um acelerado ritmo de crescimento urbano. A expectativa é que o crescimento continuará devido à adesão da UFV ao programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – REUNI, que propiciará um aumento no número de cursos e, conseqüentemente, no número de vagas para seu quadro de

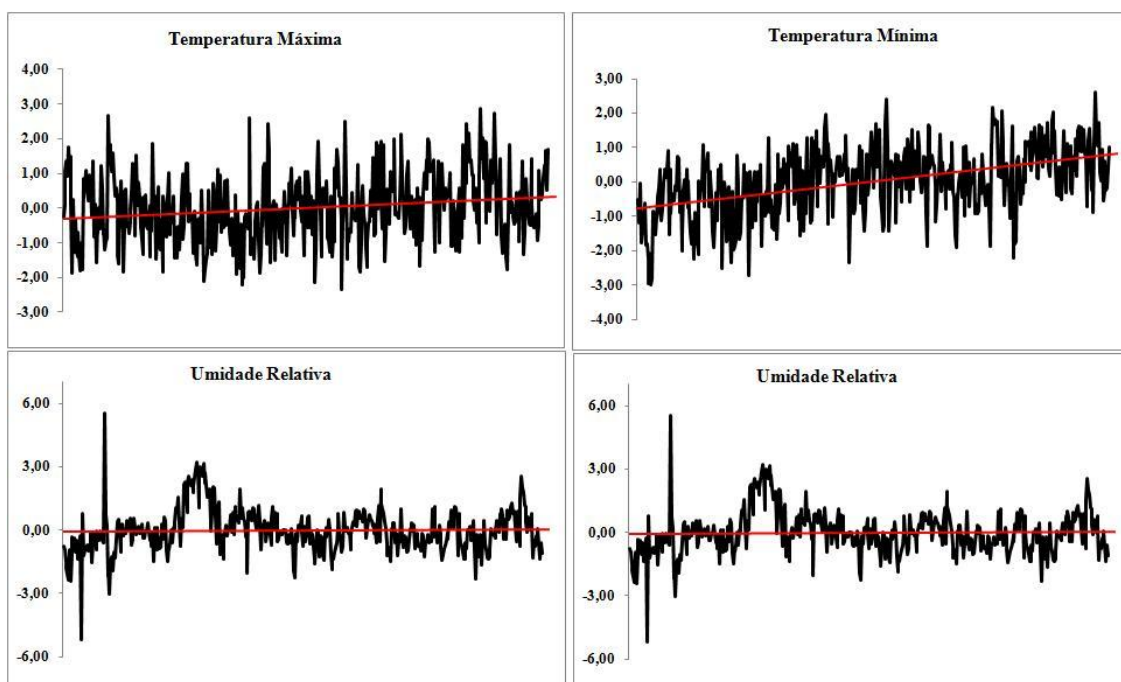
estudantes e servidores. Na mesma ordem, outras universidades privadas e escolas públicas, particulares e preparatórias também seguem a mesma tendência de investimentos e crescimento o que acarretará na continuidade do crescimento urbano de Viçosa estando esse vinculado principalmente as demandas da rede de ensino.

## 6.3 ANÁLISE CLIMÁTICA

### 6.3.1 Normalizações das variáveis climatológicas

A figura 17 apresenta a série histórica dos dados meteorológicos coletados na estação do INMET instalada na UFV. Tais dados demonstram o comportamento mensal real das variáveis meteorológicas no período de 1968 à 2008 para as temperaturas máximas e mínimas, precipitação e umidade relativa.

A padronização dos dados retirou suas tendências e demonstrou seus reais desempenhos ao longo dos anos. Pelos gráficos observa-se que a temperatura máxima tem alterado seu comportamento, demonstrando um pequeno desvio positivo com o passar dos anos. Já a temperatura mínima foi que demonstrou maiores alterações em seu comportamento com expressivo desvio positivo indicando que os períodos em que não há incidência do sol estão ficando mais quentes. Desta forma é plausível considerar que o processo de expansão urbana de Viçosa e da UFV possa estar influenciando o comportamento das temperaturas.



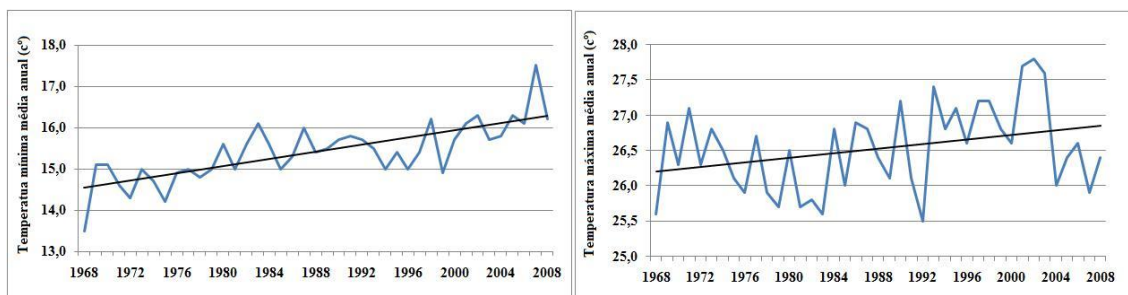
**Figura 17:** Normalização das variáveis meteorológicas (temperaturas máximas e mínimas, precipitação e umidade relativa)

Já a padronização dos dados pertinentes a umidade relativa e a precipitação não demonstraram alterações significativas, portanto seus comportamentos não estão sendo influenciados por nenhum fator específico tendo seu comportamento devidamente enquadrado sobre a distribuição da climatologia.

### 6.3.2 Teste Mann-Kendall

Os resultados mensais observados na temperatura mínima foram diferentes em relação à temperatura máxima, na maioria dos casos, as séries de temperatura mínima apresentam tendência positivas. Essa diferença de aumento entre a temperatura máxima e mínima é refletida nos valores da amplitude térmica (diferença entre a temperatura máxima e mínima) ao longo dos anos, isto significa que caso essa tendência se mantenha, espera-se uma diminuição na amplitude térmica.

Os testes de Mann-Kendall para as médias mensais de temperatura mínima e máxima são apresentados na tabela 8 e figura 18, respectivamente. Verificou-se uma tendência positiva na temperatura mínima em quase todos os meses, com exceção dos meses de junho, agosto e novembro que não apresentaram tendência significativa. Já as análises da temperatura máxima não apresentaram tendência significativa, com exceção dos meses de abril, setembro e outubro que apresentaram tendência positiva (Figura 21).



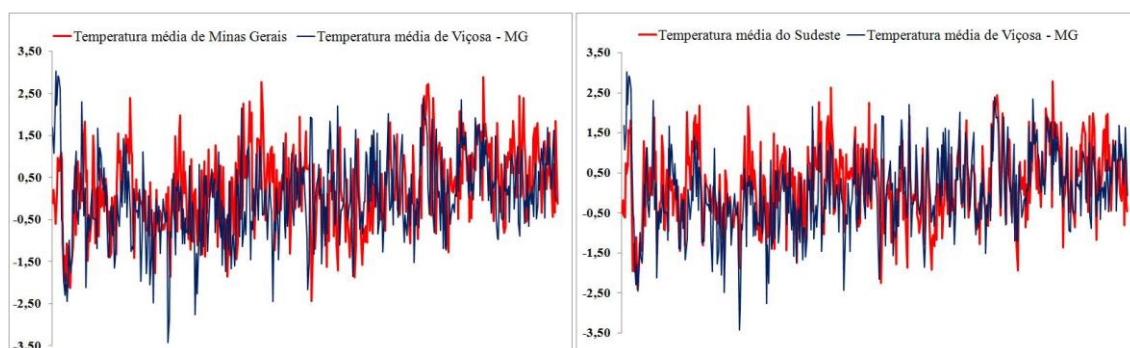
**Figura 18:** Variação anual das temperaturas máximas médias e temperaturas mínimas médias de 1968 a 2006 em Viçosa, MG.

**Tabela 8:** Resultados das análises de tendência para a temperatura média mínima de cada mês.

Temperatura Mínima	Teste de Mann_Kendall (Z Calculado)	Tendência $\alpha=0,05$
Janeiro	3.92	S+
Fevereiro	3.65	S+
Março	2.92	S+
Abril	3.34	S+
Mai	2.18	S+
Junho	1.74	NS
Julho	2.11	S+
Agosto	1.40	NS
Setembro	2.13	S+
Outubro	2.00	S+
Novembro	1.86	NS
Dezembro	3.85	S+

NS = Tendência não significativa; S+ = Tendência significativa positiva; S- = Tendência significativa negativa

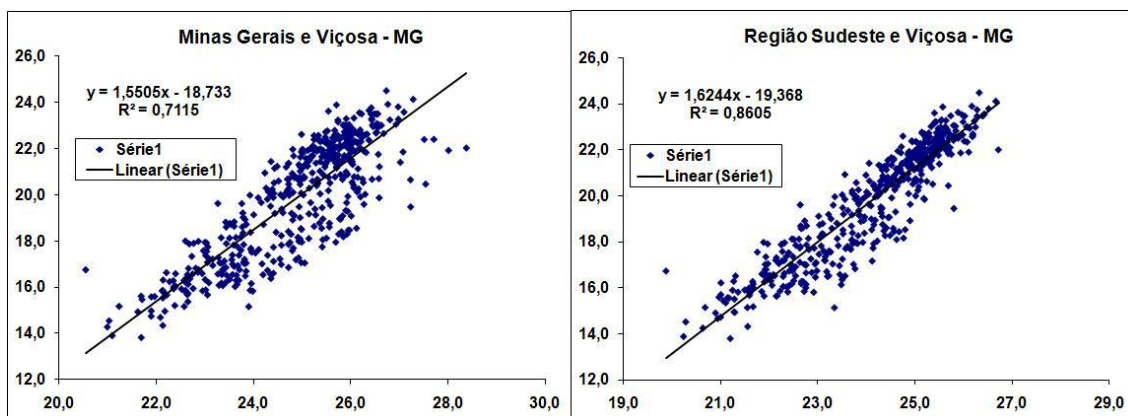
### 6.3.3 Análise dos dados NCEP Reanalysis e INMET



**Figura 19** Série histórica da temperatura média da Região Sudeste, Minas Gerais e Viçosa – MG (1968 – 2008).

**Fonte:** NCEP-Reanalysis (<http://www.cdc.noaa.gov/cgi-bin/data/timeseries/timeseries1.pl>) ; INMET

A figura 19 demonstra o comportamento das séries históricas das temperaturas médias da Região Sudeste, Minas Gerais e de Viçosa – MG. Comparando os dados de temperatura de Viçosa com a Região Sudeste bem como com Minas Gerais, Observa-se que não há significativas alterações nos comportamentos das séries, ou seja, o comportamento das temperaturas médias em macro escala (Minas gerais e Região Sudeste) não destoa das observadas em micro escala (Viçosa). Desta forma pode-se concluir que não há alterações nas séries de temperatura média de Viçosa que não seja observada em sistemas maiores como a circulação atmosférica.



**Figura 20:** Análise de Correlação entre as temperaturas médias da Região Sudeste e Viçosa – MG e Minas Gerais e Viçosa – MG.

**Tabela 9:** Resumo Estatístico da análise de Correlação

$\alpha$	10%	5%	1%
$t^c$	1,64	1,96	2,58
$n$	492		
$GL$	491		
	Minas Gerais x Viçosa	Região Sudeste x Viçosa	
$R^2$	0,71	0,86	
$t$ calc.	29,18	50,88	

Em ambos os casos sendo  $n = 492$  meses (1968 a 2008), foram testados 3 níveis de significância :10%, 5 %, e 1% conforme segue.

Assim, considerando  $GL$  de 491 para níveis de significância iguais a 10%, 5% e 1% os valores críticos da tabela  $t$  de student são iguais a 1,64, 1,96 e 2,58 respectivamente, rejeitando-se a hipótese que a correlação entre as variáveis é igual a zero, pois o valor de  $t$  observado é maior que o valor critico. Assim, conclui-se que a correlação entre as variáveis é estatisticamente significativa, ou seja, rejeita a hipótese  $h_0$  pois os valores estão dentro do intervalo de confiança se mostrando.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento urbano do município de Viçosa é notório, todo esse crescimento está relacionado ao aumento em seu número de habitantes que estabelecem residência nas proximidades das áreas da UFV, aquecendo sua economia como observado nos dados de arrecadação de ICMS. Associado ao crescimento da cidade tem-se a grande expansão da UFV em sua área edificada para abrigar o crescente número de alunos e cursos provenientes de seu crescimento nos últimos anos. Essa expansão vem acarretando uma maior demanda por recursos como água que segundo dados do SAAE sua tendência crescente de consumo poderá acarretar escassez em sua oferta em alguns anos.

Embora Viçosa tenha apresentado nos últimos anos tamanho crescimento urbano, não se pode afirmar que possa estar influenciando seu clima uma vez que o comportamento de suas variáveis meteorológicas não se diferenciam das variáveis relacionadas à uma escala maior sendo ela a Região Sudeste ou o Estado de Minas Gerais.

Pela normalização foi possível observar os reais comportamentos das séries históricas climáticas coletadas na estação de Viçosa, bem como através do teste Mann-Kendall foi possível identificar significativas tendências de aumento na temperatura mínima e que este aumento pode estar relacionado ao aumento da urbanização em seus mais amplos aspectos como a substituição da cobertura vegetal por materiais impermeabilizantes e aumento das edificações que retardam a perda de calor para o ambiente.

A utilização de técnicas estatísticas como as estas permitem análises mais abrangentes e completas sobre os comportamentos das séries climáticas e suas variações ao longo do tempo e desta forma fornecem subsídios para conclusões mais contundentes sobre as anomalias apresentadas em alguns dados climáticos.

Pela análise comparativa das temperaturas médias da Região Sudeste e de Minas Gerais com a de Viçosa é observado que os seus comportamentos estão seguindo padrões muito semelhantes. Pela regressão linear observa-se alta correlação entre as variáveis de micro e macro escalas se mostrando estatisticamente significativas a correlação entre as variáveis. Desta maneira conclui-se que as temperaturas médias de Viçosa são influenciadas apenas pelo comportamento da circulação atmosférica regional associada as suas características fisiográficas como sua altitude, latitude e longitude.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N. A climatologia e a meteorologia no Brasil. In: FERRI, M.G.; MOTOYANA, Shozo (orgs.) **História das ciências no Brasil**. São Paulo: Edusp, 1979. p. 119-145.

\_\_\_\_\_. **Os domínios de natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 160p.

ALCÂNTARA, B. G.; **A percepção climática no município de Viçosa Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 2008. 106 p. Monografia, graduação em geografia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 2008. Disponível em: <http://www.geo.ufv.br/monografias.php>  
Acesso em: 12 abr. 2009.

AMORIM, I.C. **Patrimônio Histórico: História, cultura e valores. Viçosa (MG)**. Monografia, graduação em Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Viçosa (UFV). p. 127, 2006.

AMORIM, M.C. de C.T. Características do clima urbano de Presidente Prudente. In: SANT'ANNA NETO, J.L (org.) **Os Climas das Cidades Brasileiras**. Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2002. p. 165 – 195.

ARAÚJO, R. R.; SANT'ANNA NETO, J.L. O processo de urbanização na produção do clima urbano de São Luís – MA. In: SANT'ANNA NETO, J.L (org.) **Os Climas das Cidades Brasileiras**. Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2002. p. 21 – 41.

BAKER L. A.; BRAZEL A. J.; SELOVER N.; MARTIN C.; MCINTYRE N.; STEINER F. R.; NELSON A.; MUSACCHIO L. Urbanization and warming of Phoenix (Arizona, USA): Impacts, feedbacks and mitigation. **Urban Ecosystems**, Holanda.v.6: p. 183–203, 2002.

BELTRÃO, K. I. ; CAMARANO, A. A. **Perfil da população brasileira**. Relatórios Técnicos da ENCE/IBGE, v. 01, p. 1-24, 2000.

CHANDLER, T.J. **The Climate of London**. London : Hutchinson & Co. Ltd, 1965. 292p.

CRUZ, T.A.; ALVARENGA, S.C.; SILVA, A.R.; CARMO, M.I. **Perfil empresarial de Viçosa**. Viçosa-MG: Census, 2005.

DELGADO DE CARVALHO, Carlos – **Météorologie du Brésil**. Londres: John Bale, sons & Danielson Ltda, 1917.528p.

DUTRA C. A.; COUTINHO, E. A.; FIALHO, E. S.; As alterações climáticas e o crescimento desordenado das cidades: um estudo de caso da cidade de Viçosa-MG. In: **VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, 2006, Rondonópolis. VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica: Os climas e a produção do Espaço no Brasil. Rondonópolis : Laboratório de Climatologia, 2006

FERRAZ, J.S. **Meteorologia brasileira**. São Paulo: Companhia Editora Nacional., 1934. 588 p. Série Brasiliana, v. 33.

\_\_\_\_\_. A meteorologia no Brasil: In Fernando de Azevedo (org) **As Ciências no Brasil**. São Paulo: Melhoramentos, p. 205-240, 1980.

GEIGER, R. **Manual de microclimatologia**: O Clima da Camada de Ar Junto ao Solo. 4ª ed. Lisboa: Gulbenkian, 1961, 556p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico do ano 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. **Aspectos da Contagem da População 2007**. Rio de Janeiro: IBGE, outubro de 2007. 311. Disponível em:  
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem.pdf>  
Acesso em: 28 abr. 2009.

JUSUF S. K.; Wong N.H.; Hagen E.; Anggoro R.; Hong Y. The influence of land use on the urban heat island in Singapore. **Elsevier**, v.31, p. 232 – 242. 2007.

KOLOKOTRONI, M.; GIANNITSARIS, I.; WATKINS, R. The effect of the London urban heat island on building summer cooling demand and night ventilation strategies. **Solar Energy**, v. 80, p. 383 – 392, maio. 2005.

MEGALE, Januário Francisco. **Max Sorre**. São Paulo: Ática, 1984.192p

MENDES, Paulo César. **Gênese e Estrutura Espacial das Chuvas na cidade de Uberlândia (MG)**. Uberlândia: UFU, 2001. (Dissertação de Mestrado).

MENDONÇA, Francisco de Assis. **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. 300 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo.

MELLO, F.A.O. **Análise do processo de formação da paisagem urbana do município de Viçosa**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. UFV, 2002. 103p.

MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo horizonte: UFMG, 2007.295 p.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Notas para o Estudo do Clima do Centro-Oeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.13, n.1, p.3-46, 1951.

MONTEIRO, Carlos A. de Figueiredo. Sobre a análise geográfica de seqüências de cartas do tempo. In: **Revista Geográfica**, XXXII (58):169 – 179 p. Rio de Janeiro, IPGH, 1963.

\_\_\_\_\_. Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática. In: **Revista Geográfica**, XXXIII (58): 59 – 69 p. Rio de Janeiro, IPGH, 1964.

\_\_\_\_\_. A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil. **Série Teses e Monografias**, n 1, São Paulo, USP/Igeog, 1969. 68p.

\_\_\_\_\_. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo**. São Paulo: USP/Igeog, 1973.129 p.



- \_\_\_\_\_. **O clima e a organização do espaço no estado de São Paulo**. Série Teses e Monografias, n. 28, São Paulo: USP/Igeog, 1976. 54p.
- \_\_\_\_\_. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: Universidade de São Paulo/Instituto de Geografia, 1976. (Teses e Monografias, 25).
- \_\_\_\_\_. **Clima e Excepcionalismo (Conjecturas sobre o Desempenho da Atmosfera como Fenômeno Geográfico)**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1991.
- MOREIRA, GILBERTO FIALHO. **Um diagnóstico da ocupação das áreas de preservação permanente do campus da Universidade Federal de Viçosa**. Viçosa: UFV, 2006. 68 p. Monografia, graduação em geografia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006. Disponível em: <http://www.geo.ufv.br/monografias.php> Acesso em: 19 maio 2009.
- MORIZE, Henrique. **Esboço da climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Observatório Astronômico, 1889.
- \_\_\_\_\_. **Contribuição ao Estudo do Clima do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1922, 116 p.
- NEIRA, Eugênio. Meteorologia Marinha. *In*: Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia, Rio de Janeiro; 24 (1): 1- 15 p., 2000.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ªed. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422p.
- OLGYAY, V. **Design With Climate**, 4ªed. New Jersey-USA: Princeton University Press, 1973. 190p.
- OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2 nd ed. London: Ethuen & CO, 1978.372p.
- PANIAGO, M. C. T. **Viçosa – Mudanças Socioculturais: Evolução Histórica e Tendências**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1990. 276 p.
- PÉDÉLABORDE, Pierre. **Introduction a l'étude scientifique du climat**. Paris: Centre de Documentation cartographique, 1959.
- PEREIRA, M. F. V. **Contradições de uma “Cidade Científica”**: Processo de Urbanização e Especialização Territorial em Viçosa-MG. **Revista on-line. Caminhos de Geografia**. Disponível em: <[www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html](http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html)>. Acesso em 11 set. 2008.
- PEIXOTO, Afrânio. **Clima e doenças no Brasil**. Rio de Janeiro. Imprensa Nacional, 1907.
- \_\_\_\_\_. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro. Imprensa Nacional, 1908.
- \_\_\_\_\_. **Clima e Saúde**. São Paulo: companhia editora Nacional, 1938.
- \_\_\_\_\_. **Climas do Brasil**. *In*: Anais do IX Congresso Brasileiro de Geografia, v. 2, p. 390 – 398, 1942.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Atlas do desenvolvimento humano do Brasil**. Rio de Janeiro, PNUD, IPEA, Fundação João Pinheiro, 2003. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/atlas/> Acesso em: 12 abr. 2009.

QUEREDA SALA J.; GILOLCINA A.; PEREZ CUEVAS A.; OLCINA CANTOS J.; RICO AMOROS A.; MONTÓN CHIVA E. **Climatic warming in the Spain Mediterranean: natural trend or urban effect**. Netherlands, v. 46, n.4, p. 473 – 483, setembro, 2000.

ROCHA, B. O. **Distribuição espacial da arborização urbana: Uma análise da área central do Município de Viçosa – MG**. Viçosa: UFV, 2008. 53 p. Monografia, graduação em geografia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 2008. Disponível em: <http://www.geo.ufv.br/monografias.php> Acesso em: 12 abr. 2009.

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Viçosa, MG. **Relatório anual 2007**. 112 p. Viçosa – MG, 2007.

SANT'ANA, T. A. A. **Viçosa: meu Município**. Viçosa, 1984. 92 p.

SANT'ANNA NETO, J.L. **História da climatologia no Brasil: Gênese e paradigmas do clima como fenômeno geográfico**. n.7. Florianópolis. Imprensa Universitária, 2004, 124 p.

SANTOS, Rozely F. dos. **Vulnerabilidade ambiental organizadora**. Brasília: MMA, 2007. 192 p.

SANTOS J. A. A. dos; **O campo térmico na área central da cidade de Viçosa-MG em situação sazonal de outono em 2007**. Viçosa: UFV, 2007. 57 p. Monografia, graduação em geografia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 2007. Disponível em: <http://www.geo.ufv.br/monografias.php> Acesso em: 12 abr. 2009.

SAYDELLES, A. P. **Estudo do campo térmico e das ilhas de calor urbano em Santa Maria –RS**. Santa Maria:UFSM, 2005.237 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências. Universidade Federal de Santa Maria Brasil, Santa Maria, 2005

SERRA, Adalberto. **Secondary circulation of southern Brazil**. Rio de Janeiro: Editora do Serviço Nacional de Meteorologia. 1938.

\_\_\_\_\_. La Circulacion générale de l'Amérique du sud. Rio de Janeiro. **Secondary circulation of southern Brazil**. Rio de Janeiro: Editora do Serviço Nacional de Meteorologia. 1939.

SERRA, Adalberto; RATABONNA, Leandro. **As massas de ar da América do Sul**. Rio de Janeiro: Serviço de Meteorologia, 1942.

SERRA, Adalberto; RATABONNA, Leandro. Os regimes das chuvas da América do Sul. Montevideo: **Revista Meteorológica**, 1942.

SORRE, Max. **Les fondements biologiques de La Géographie Humaine: essai d'une écologie de l'homme**. Paris: Armand Colin, 1943.440 p.

\_\_\_\_\_. **Les fondements biologiques de La Géographie Humaine**. Paris: Armand Colin, 1951.

SILVEIRA, V. P.; GAN, M. A. Estudo de tendência das temperaturas mínimas na Região sul do Brasil. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 14. Florianópolis – SC, 2006.

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Relatório de atividades 2005 – Universidade Federal de Viçosa**. Pró-Reitoria de Planejamento e Orçamento. Documento da UFV. p. 108. 2006.

\_\_\_\_\_. **UFV em números 2007**. Folder. 2p. Disponível em: <http://www.ufv.br/proplan/ufvnumeros/> Acesso em: 10 de maio de 2009.

VICENTE, A. K. ; TOMMASELLI, J.T.G. ; AMORIM, M. C.de C.T. Conforto térmico em Presidente Prudente – SP. In: SANT'ANNA NETO, J.L (org.) **Os Climas das Cidades Brasileiras**. Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2002. p. 197 – 227.

YU, P.; YANG, T.; WU, C. Impact of climate change on water resources in southern Taiwan. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.260, p.161-175, 2002.