

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Flávia Regina Lacerda Suassuna Dutra

**A INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE DA
PRECIPITAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO DOS CASOS
DE LEPTOSPIROSE EM MINAS GERAIS
ENTRE 1998-2012**

Belo Horizonte

2016

Flávia Regina Lacerda Suassuna Dutra

**A INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO NA
DISTRIBUIÇÃO DOS CASOS DE LEPTOSPIROSE EM MINAS
GERAIS ENTRE 1998-2012**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Geografia.

Área de concentração: Análise Ambiental

Linha de pesquisa: Climatologia

Orientador: Prof. Dr. Roberto Célio Valadão

Co-orientadora: Dra. Gabriela Viviana Müller

Belo Horizonte

2016

Tese intitulada: *A influência da variabilidade da precipitação na distribuição dos casos de leptospirose em Minas Gerais entre 1998-2012*, de autoria da doutoranda Flávia Regina Lacerda Suassuna Dutra, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da UFMG como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Geografia.

Área de Concentração: Análise Ambiental

Aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Roberto Célio Valadão - IGC/UFMG

Orientador

Prof. (a) Dra. Gabriela Viviana Müller – CONICET/Argentina

Co-orientadora

Prof. Dr. Mário Francisco Leal de Quadro – IFSC/SC

Prof. (a) Dra. Magda Luzimar de Abreu – IGC/UFMG

Prof. Dr. Ulisses Eugênio Cavalcanti Confalonieri – FIOCRUZ/MG

Belo Horizonte, 02 de Março de 2016.

Dedicatória

Dedico esta obra a Deus, a minha mãe, marido e filhos. E a todas as pessoas que amam e respeitam a criação de Deus ofereço o *Cântico das Criaturas de São Francisco de Assis*:

Altíssimo, Onipotente, Bom Senhor,

Teus são o Louvor, a Glória, a Honra e toda a Bênção.

Louvado sejas meu Senhor,

Com todas as Tuas criaturas, especialmente o senhor irmão Sol,

Que clareia o dia e que, com a sua luz, nos ilumina.

Ele é belo e radiante, com grande esplendor; de Ti, Altíssimo, é a imagem.

Louvado sejas meu Senhor,

Pela irmã Lua e pelas estrelas, que no céu formaste claras, preciosas e belas.

Louvado sejas meu Senhor,

Pelo irmão vento, pelo ar e pelas nuvens, pelo sereno e por todo o tempo em que dás sustento às Tuas criaturas.

Louvado sejas meu Senhor,

Pela irmã água, útil e humilde, preciosa e casta.

Louvado sejas meu Senhor,

Pelo irmão fogo, com o qual iluminas a noite. Ele é belo e alegre, vigoroso e forte.

Louvado sejas meu Senhor,

Pela nossa irmã, a mãe terra, que nos sustenta e governa, produz frutos diversos, flores e ervas.

Louvado sejas meu Senhor,

Pelos que perdoam pelo Teu amor e suportam as enfermidades e tribulações.

Louvado sejas meu Senhor,

Pela nossa irmã, a morte corporal, da qual homem algum pode escapar.

Louvai todos e bendizei o meu Senhor!

Dai-Lhe graças e servi-o com grande humildade!

Agradecimentos

A minha amada e grande mãe Ronete e aos meus queridos irmãos: Francis, Fabrícia, Fabrício e Flaviana. Aos meus especiais avós: Biu e Geneva (in memoria). Aos meus queridos e especiais cunhados: Allen (in memoria), Adriano e Milena. Aos meus “filhobrinhos” ou filhos sobrinhos: Uirá, Camila, André e Raquel. E as minhas tias queridas: Sônia e Rosimar.

Toda a trajetória da minha vida seja pessoal ou profissional houve a presença, influencia e apoio de cada um de vocês. As alegrias, dores, desentendimentos e reconciliações vividas estão imbuídos de ensinamentos, dos quais a grande lição que tenho é que eu não seria nada sem vocês.

Ao meu marido Robério e meus amados filhos Marina e Mateo,

Meu querido marido, obrigada pelo seu incentivo, companheirismo, compreensão, dedicação e especialmente seu amor, pois só quem ama concentra em si a capacidade tão sublime de ser em prol de outros seres, pois quando as situações impostas por este trabalho exigiram além de mim a ponto de ter que abdicar de minha função de mãe, tu fostes um maravilhoso “pãe” para nossa *jóia preciosa* e nosso *tesouro* que atendem por Marina e Mateo. Nossos filhos são sem sombra de dúvida, a expressão do que há de melhor e mais especial de nós dois, amo vocês.

Aos admiráveis e especiais mestres e professores: Valadão, Gabriela, Mário, Ulisses e Magda,

Vocês são como aquelas pessoas que quando deveriam ser simplesmente professores, foram mestres e quando deveriam ser mestres foram amigos e, em sua amizade me compreenderam e incentivaram na convicção do meu caminho.

Aos amigos, verdadeiras perólas em minha vida: Ana Paula, Yvanna, Jaidete, Mônica, Paula, Viviane, Lilia, Dani, Danilo e Admilson,

Tivemos sonhos, muitos foram frustrados. Fizemos planos, muitos foram desfeitos no caminho. Vivemos ilusões que trouxeram decepções e desuniões, mas vivemos também bons momentos, compartilhamos a mesma luta na busca do aprender a apreender o compreender que devem ser praticados na arte de viver, sobreviver e crescer em busca da superação dos erros para enfim crer no valor do ser.

Aos colegas do IGC, especialmente a Breno Marent, Luiz Manfré, Rodrigo Nóbrega que na condição de professores, alunos e pesquisadores foram colaboradores de grande importância no desfecho final deste trabalho, sobretudo na produção do terceiro artigo.

A CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro que possibilitou a construção do conhecimento aqui posto.

“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana seja apenas outra alma humana”.

Carl G. Jung

Resumo

O presente trabalho está ancorado na Meteorologia, Geografia Física e na Epidemiologia e foi desenvolvido em etapas que culminaram em três artigos, com objetivos específicos: (i) Artigo I – consistiu em análises dos aspectos mais importantes da epidemiologia descritiva da leptospirose humana e, a forma de distribuição espaço temporal da doença e sua relação com a precipitação em Minas Gerais nos meses chuvosos de Dez-Jan-Fev entre 1998-2012; (ii) Artigo II – abordagem estatística aplicada às associações de ZCAS-ENOS que ocorreram em DJF. Foi feita uma análise do comportamento de ambos os fenômenos e suas repercussões sobre as anomalias positivas (+) de precipitação que tiveram influência nos maiores totais de casos entre 2002-2012; (iii) Artigo III – análise climatológica e dinâmica das variáveis atmosféricas que são importantes na manutenção da ZCAS e que ocasionaram as anomalias (+) da precipitação, que por sua vez favoreceram o aumento de casos da doença no estado. Os dados de saúde foram obtidos através do DATASUS e as variáveis atmosféricas e oceânicas estão disponibilizadas pelo CPTEC e CPC/NOAA. Análises e resultados mais relevantes: 1 – nos municípios com as maiores populações a doença se apresentou endêmica, com oscilações epidêmicas sazonais, nos municípios menores a ocorrência predominante se deu através de surtos epidêmicos, com concentração de casos em alguns anos com altas taxas de incidência nos períodos chuvosos. As maiores frequências da doença em função das mesorregiões/municípios estiveram localizadas com orientação de NE-SW, incluindo parte do centro, leste e sul do estado mineiro. 2 - as maiores frequências de ZCAS ocorreram em dez-jan (30 episódios/mês), os eventos de alta frequência (7 episódios/trimestre) ocorreram nos verões de: 2006/2007, 2007/2008, 2010/2011, 2011/2012 e os de frequência média (5-6 episódios) em: 2002/2003 (5), 2003/2004 (5), 2005/2006 (6), 2008/2009 (6), 2009/2010 (5), número de episódios entre parênteses. As séries temporais das anomalias de TSM na região do Pacífico Tropical e a ZCAS apresentaram correlação significativa com “lag” de 1-2 meses entre as séries. A correlação da ZCAS com o Atlântico foi negativa (-), ou seja; águas anormalmente frias estão associadas com o aumento da precipitação. 3 - em anos de El Niño, a ZCAS se posiciona mais ao sul de MG, onde se observa maior aporte de umidade do ar e contraste de calor sobre o setor sudeste de MG, favorecendo a convecção de calor que passaria a gerar instabilidades locais. Nesta situação, o relevo da região teria uma contribuição importante, visto que a topografia favoreceria a circulação local, que por sua vez, se associaria às instabilidades da ZCAS, contribuindo possivelmente para gerar e retroalimentar sistemas de mesoescala, ocasionando anomalias (+) de precipitação e consequentemente, favorecendo o aumento de casos da doença nesse setor. Em anos de La Niña, a área de contraste de calor se desloca mais ao centro do estado e a ZCAS se posiciona mais continental, causando intensa atividade convectiva em grande parte do estado favorecendo as ocorrências de inundações, especialmente nas mesorregiões situadas no sudeste de MG, justificando o aumento do número de casos da doença observado nesse setor em anos de La Niña.

Abstract

This work is anchored in Meteorology, Physical Geography and Epidemiology and was developed in stages that culminated in three articles, with specific objectives: (i) Article I - consisted of analysis of the most important aspects of descriptive epidemiology of leptospirosis and the timeline distribution form of the disease and its connexion with precipitation in Minas Gerais during the rainy months of Dec-Jan-Feb between 1998-2012; (ii) Article II - statistical approach applied to SACZ-ENSO associations that occurred in DJF. A behavioral analysis of both phenomena and their impact was made on positive anomalies (+) of rainfall that affected the total cases higher for 2002-2012; (iii) Article III - climatological analysis and dynamics of atmospheric variables that are important in maintaining SACZ and that caused the anomalies (+) of rainfall, which in turn favored the increase of cases in the state. Health data were obtained from DATASUS and atmospheric and oceanic variables are provided by CPTEC and CPC / NOAA. Analysis and more relevant results: 1 - counties with the largest populations the disease appeared endemic with seasonal epidemic fluctuations, in smaller municipalities the predominant occurrence was through outbreaks, with cases concentration in a few years with high incidence rates in rainy periods. The higher frequencies of the disease according to the meso/municipalities were located in NE-SW orientation, including part of central, eastern and southern Minas Gerais state. 2 - the highest frequency SACZ occurred in Dec-Jan (30 episodes / month), high frequency events (7 episodes / quarter) occurred in the summers of: 2006/2007, 2007/2008, 2010/2011, 2011/2012 and the average frequency (5-6 episodes) in: 2002/2003 (5), 2003/2004 (5), 2005-2006 (6), 2008-2009 (6), 2009-2010, (5) number of episodes in parentheses. The time series of SST anomalies in the tropical Pacific region and the SACZ showed significantly correlated with "lag" of 1-2 months between sets. The correlation of the Atlantic SACZ was negative (-), ie; anomalously cold water are associated with the increase precipitation. 3 - in El Niño years, the SACZ is positioned further south of Minas Gerais, where it is observed more moisture flow of air and heat contrast on the southeastern sector of MG, favoring the heat convection that would generate local instabilities. In this situation, the relief region would have a significant contribution, since the topography favor the local circulation, which in turn, associate to the instabilities of SACZ, possibly contributing to generate and provide feedback mesoscale systems, causing precipitation abnormalities (+) and thus favoring the increase of disease cases in this sector. In La Niña years, the heat contrast region moves more to the state center and SACZ stands more continental, causing intense convective activity in the largely state area favoring the occurrence of floods, especially in located mesoregions in southeastern of Minas Gerais, justifying the number increase of disease cases observed in this sector in La Niña years.

Lista de Figuras

Figura 1 – Total de registros dos desastres naturais entre 1991 a 2010 em Minas Gerais (Fonte: Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, 2012).....	3
Figura 2 - Total de danos humanos causados pelos desastres naturais em Minas Gerais ocorridos entre 1991 a 2010 (Fonte: Atlas de Desastres Naturais, 2012).....	4
Figura 3 - Modelo produtivo da leptospirose (Fonte: Oliveira, 2009).....	20
Figura 4 - Esquema metodológico da relação clima e saúde em ambiente urbano (Fonte: Aleixo e Sant’Anna Neto, 2011).....	26
Figura 5- Esquema de enchentes e inundações. (Fonte: Goerl & Kobiyama, 2005).....	30
Figura 6 - Esquema dos principais elementos sinóticos de grande escala relacionados com a SAMS, numa seção de toda a América do Sul na direção SW-NE. (Fonte: Programa de Variabilidade Climática e Previsibilidade – CLIVAR. Extraído de Silva e Kousky, 2012).....	37
Figura 7 - Áreas do oceano Pacífico Tropical de atuação dos Niños 1, 2, 3.4 e 4 (Fonte: Sampaio, 1999).....	40
Figura 8 - Compartimentação do estado de Minas Gerais em domínios geomorfológicos (Fonte: Geodiversidade do Estado de Minas Gerais - CPRM, 2010).....	47
Figura 9 - Mapa de padrões de relevo do estado de Minas Gerais (Fonte: Geodiversidade do Estado de Minas Gerais - CPRM, 2010).....	48
Figura 10 – Climatologia da precipitação total anual no Brasil, estado de Minas Gerais delimitado pela elipse (Fonte: INMET).....	51
Figura 11 - Climatologia mensal da precipitação total no Brasil, estado de Minas Gerais delimitado pela elipse (Fonte: INMET).....	53
Figura 12 - (a) Alagamento em Camanducaia (Março/2012) e (b) Ribeirão Arrudas – Belo Horizonte (Janeiro/2009), (c) Enchente em Guidoal (Janeiro/2012) e (d) Além Paraíba – 2012. (Extraído do Atlas de Vulnerabilidade as Inundações no Estado de Minas Gerais, 2013).....	56
Figura 13 - Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Minas Gerais – UPGRH’s - FONTE: IGAM (Extraído do Atlas de Vulnerabilidade a Inundações no Estado de Minas Gerais, 2013).....	58

Figura 14 - Mapa de identificação dos trechos de corpos d'água inundáveis em Minas Gerais, sudeste do estado delimitado pela elipse (Fonte: SEMAD, disponível em: http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/#).....	59
Figura 15 – Modelo de elevação digital para Minas Gerais, sudeste do estado delimitado pela elipse (Fonte: Viola, 2010).....	60
Figura 16 - Densidade populacional dos municípios de Minas Gerais, sudeste do estado delimitado pela elipse (Fonte: Wikipedia, 2012).....	61

Sumário

Resumo	i
Abstract	ii
Lista de Figuras	iii
Sumário	v
Apresentação	viii
Introdução	1
O Problema de Pesquisa	6
Questões e Hipótese	6
Objetivos	10
Capítulo 1	13
1. A Interface Saúde: Os Aspectos Epidemiológicos e a Distribuição Espacial da Leptospirose Humana	13
1.1. Ciclo de Transmissão	13
1.2. A Leptospirose no Brasil	15
1.3. A Leptospirose em Minas Gerais	16
1.4. As Repercussões Sanitárias na Propagação da Leptospirose	17
Capítulo 2	19
2. A Interface Meio Ambiente: A Leptospirose e seus Condicionantes Ambientais	19
2.1. Os Determinantes Socioambientais e a sua Influência sobre as Epidemias	19

2.2. A Importância das Diferentes Análises de Escala nos Estudos Epidemiológicos e Ambientais	24
2.3. Principais Variáveis Físicas no Processo das inundações	27
Capítulo 3	32
3. A Interface Clima: O Papel preponderante da Precipitação	32
3.1. Os Principais Sistemas Atmosféricos Responsáveis pelo Regime Pluviométrico do Sudeste do Brasil	32
3.2. Sistemas Frontais	33
3.3. Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)	34
3.4. Oscilações Intrasazonais de Madden & Julian	36
3.5. Sistema de Monções da América do Sul (SAMS)	36
3.6. Sistemas Atmosféricos que Influenciam no Padrão de Circulação Regional do Clima de Minas Gerais	38
3.7. A Variabilidade Climática no Brasil	39
3.8. O ENOS e sua Influência sobre o Sudeste e Minas Gerais	40
3.9. Os Eventos de Precipitação Extrema e os impactos sobre a Leptospirose	44
Capítulo 4	46
Caracterização da Área Investigada	46
4. O Modelado da Superfície do Território Mineiro	46
4.1. Morfologia	46
4.2. A Climatologia da Precipitação em Minas Gerais	49
4.3. Hidrografia	54
4.4. Identificação das Áreas Inundáveis em Minas Gerais	54

Capítulo 5	62
5. Procedimentos Metodológicos	62
5.1. Resultados e Discussões	63
5.2. Artigo I - A Influência da Variabilidade da Precipitação no Padrão de Distribuição dos Casos de Leptospirose em Minas Gerais no Período de 1998 – 2012	64
5.3. Artigo II - Associações entre ZCAS-ENOS e sua Influência sobre a Distribuição Espaço-temporal da Leptospirose em Minas Gerais	65
5.4. Artigo III - A Variabilidade Interanual das Associações de ZCAS-ENOS e sua Influência no Aumento de Casos de Leptospirose em Minas Gerais	66
Considerações Finais	67
Referências Bibliográficas	74
APÊNDICE A	86

Apresentação

Esta tese é apresentada através do “modelo de artigos”, proposto pelo Colegiado do Instituto de Geociências – IGC da UFMG. A construção desse trabalho contemplou o modo tradicional, inerente a uma pesquisa tradicional mais a produção de três artigos, entre os quais, o primeiro artigo já se encontra publicado, o segundo foi submetido, aguardando o parecer de aceite da revista e, o terceiro e último artigo, se encontra finalizado aguardando o parecer da banca avaliadora, para posteriormente ser submetido.

A introdução apresenta uma breve discussão sobre o problema de pesquisa e a forma como a pesquisa foi construída, no que tange ao seu caráter multi e interdisciplinar. Apresenta as questões, hipótese e os objetivos que delinearão a produção da pesquisa.

O capítulo 1, apresenta um levantamento do referencial teórico sobre os aspectos conceituais e estudos científicos importantes sob a ótica dos estudos epidemiológicos. O Capítulo 2 aborda os principais condicionantes ambientais e a influência deles sobre as epidemias de leptospirose. No capítulo 3 se discute o papel da variabilidade do clima e os principais sistemas atmosféricos que são responsáveis pela precipitação no Sudeste do Brasil. O capítulo 4, apresenta uma breve caracterização do estado de Minas Gerais, no tocante as características do relevo, climatologia da precipitação, rede hidrográfica e das áreas inundáveis.

No Capítulo 5 são apresentados os procedimentos metodológicos, resultados e discussões realizadas na produção dos três artigos que integram e caracterizam a pesquisa. Foi mantido o formato de apresentação de cada artigo, ou seja, os artigos são apresentados com suas formatações originais, no tocante ao perfil de cada revista, ao qual o artigo foi submetido. Por exemplo: o primeiro artigo apresentou um estudo epidemiológico e por isso, foi publicado numa revista de geografia médica. Enquanto que o segundo e o terceiro artigo, ambos apresentam uma discussão com enfoque na meteorologia e na climatologia, o que determinou que as publicações fossem direcionadas a revistas nestas áreas.

Nas considerações finais apresentam-se os resultados mais relevantes dos artigos e as conclusões obtidas, bem como, as limitações da pesquisa.

Ao final, são apresentados às referencias bibliográficas utilizadas em toda tese. Apresenta-se, também, o APÊNDICE A, onde são apresentados os mapas da espacialização anual dos casos de leptospirose em Minas Gerais entre 1998 a 2012. Este trabalho foi desenvolvido no início da pesquisa e possibilitou um entendimento inicial sobre a distribuição espaçotemporal dos casos de leptospirose em Minas Gerais. Os resultados, análises e discussões mais relevantes para a pesquisa, referentes a essa etapa do trabalho, se encontram disponíveis no Artigo I, no capítulo 5 da seção 5.2.

Introdução

O sistema climático global é parte integrante dos complexos processos que mantêm a vida. É sabido que o clima sempre repercutiu na saúde e no bem-estar dos seres humanos e, igualmente a outros grandes sistemas naturais, ele tem sofrido a pressão das atividades humanas. O contexto e os processos que envolvem as alterações climáticas, o seu impacto real e potencial sobre a saúde e a maneira como a sociedade e os seus governos irão responder a eles, têm chamado atenção em todo o mundo.

As alterações no clima têm afetado o funcionamento de muitos ecossistemas e as espécies que os integram e conseqüentemente, isto acarreta reflexos sobre a saúde humana. Alguns destes reflexos podem ser benéficos, como por exemplo, a tendência de invernos mais suaves nos países de clima temperado que favorece a redução da mortalidade relacionada às doenças de inverno.

De acordo com o 5º Informe do IPCC (2014):

En los próximos decenios el cambio climático tendrá repercusiones principalmente negativas en las ciudades y la infraestructura, la migración y la seguridad, los ecosistemas y las especies, los cultivos y la seguridad alimentaria, la salud pública, el suministro de agua y en muchos más ámbitos. Seremos testigos de una mayor acidificación del océano y de sequías extremas, inundaciones y olas de calor. Los pobres y vulnerables serán los más afectados.

(Fonte: www.wmo.int, www.ipcc.ch y www.gfcs-climate.org)

Esta afirmação foi elaborada em consenso com um grupo de cientistas que concluiu e apresentou o 5º Relatório do IPCC que trata sobre Impacto, Adaptação e Vulnerabilidade. Este informe oferece aos responsáveis políticos e ao público em geral, informações sobre como as mudanças climáticas afetarão a vida das gerações presentes e futuras, bem como estabelece medidas de redução e adaptação às vulnerabilidades decorrentes. Em linhas gerais, no tocante aos impactos causados pelas alterações climáticas, o informe relata que regiões no Sudeste do Brasil, em Buenos Aires (AR) e localidades nos Andes devem sofrer com

o excesso de chuvas, principalmente nas grandes cidades, que já se encontram vulneráveis atualmente, apresentando registros de alagamentos e deslizamentos de terras. Os extremos ficarão mais constantes no futuro e deverá ocorrer muita chuva acumulada em poucos dias, além de um aumento no número de dias secos e quentes, (IPCC, 2014).

Isto está de acordo com Confalonieri et al. (2007) que afirmaram que as alterações climáticas podem afetar diretamente à saúde humana. Em termos gerais, uma mudança nas condições atmosféricas, podem ter três tipos de impacto imediatos na saúde da população:

- a) Impactos diretos, geralmente causados por fenômenos meteorológicos extremos (altas temperaturas, tempestades, inundações);
- b) Consequências à saúde, causadas por processos ambientais e/ou perturbação ecológica, resultantes das alterações climáticas (ex. proliferação de vetores; queda na produção de alimentos);
- c) Consequências indiretas para a saúde: traumas psicológicos, migrações, perdas econômicas, entre outras.

Dessa forma, o impacto real na saúde humana dependerá muito da forma das relações ambientais locais, das condições socioeconômicas e, sobretudo, das diversas formas de capacidade de adaptação, sejam elas sociais, institucionais, tecnológicas e/ou comportamentais. Portanto, todas estas características irão refletir no sentido de acentuar ou minimizar o conjunto de ameaças à saúde humana.

Segundo dados divulgados através da publicação “Saúde nas Américas (2012) OPAS”, entre 2003 e 2009, foram registrados no Brasil, 9.583 situações de emergência ou calamidade pública, 64,1% devido à seca e 30,2% são atribuídas às inundações. A elaboração do *Plano de Ação para Proteger a Saúde* frente às alterações climáticas, foi um grande passo com o intuito de assegurar que o tema de saúde pública se torne eixo central da resposta às alterações climáticas. A população humana influenciada pelas alterações do clima apresentará efeitos de

origem multicausal, em diversas intensidades e setores, tais como: culturais, educacionais, econômicos, sociais, entre outros (OPAS/OMS, 2011).

Os desastres naturais em escala local, em sua grande maioria, são responsáveis por expressivos danos e perdas, de caráter social, econômico e ambiental. Uma constatação atual, clara e evidente é a de que além da intensidade dos fenômenos naturais, o acelerado processo de urbanização verificado nas últimas décadas, em várias partes do mundo, inclusive no Brasil, levou ao crescimento das cidades, muitas vezes em áreas impróprias à ocupação, aumentando as situações de risco. Somada a esta problemática, diversos estudos indicam que a variabilidade climática atual está associada a um aumento da frequência de extremos climáticos, o que por sua vez, vem a favorecer eventos de chuvas intensas ou de estiagens severas entre outros, ampliando a possibilidade de incidência de desastres naturais.

O diagnóstico feito pelo Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2012) analisou dados dos registros de eventos naturais adversos em todo o Brasil entre 1991 a 2010. E verificou que neste mesmo período em Minas Gerais foi computado um total de 4.137 registros, a partir de documentos oficiais, como pode ser visto na Figura 1. Nesta figura, observa-se que as ocorrências dos principais eventos naturais têm historicamente aumentado, especialmente na última década. Os eventos naturais adversos analisados foram: vendavais e/ou ciclones, tornados, granizos, incêndios florestais, erosões linear e fluvial, movimentos de massa, estiagens, secas e inundações. O estudo também denota que os eventos adversos que ocorrem com maior frequência no estado de Minas Gerais foram estiagens, secas e as inundações graduais e bruscas, ordenadas conforme a frequência de ocorrência.

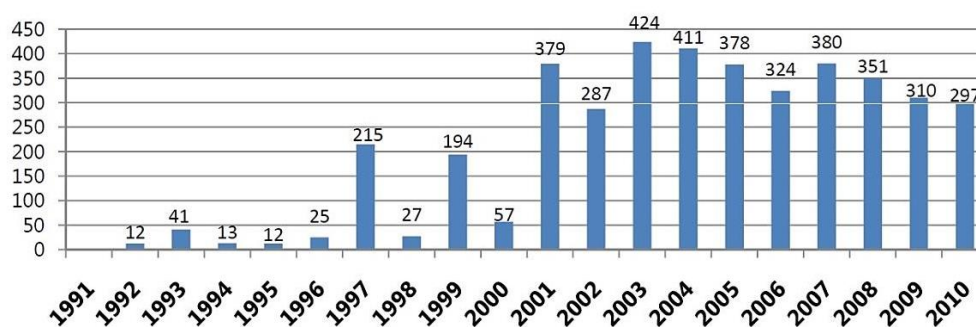


Figura 1 – Total de registros dos desastres naturais entre 1991 a 2010 em Minas Gerais (Fonte: Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, 2012).

A figura 2 mostra os danos causados pelos eventos naturais à população também foram contabilizados e se observa claramente que foram afetados mais de sete milhões de mineiros, representando 36,7% do total de 19.597.330 habitantes no estado de Minas Gerais (IBGE, 2010). Além disso, foram registradas 703 mortes, 13.942 enfermos, 331 gravemente feridos, 3.391 levemente feridos, 45 desaparecidos, 169.615 deslocados, 84.474 desabrigados e 345.646 desalojados (Figura 2). Os desastres naturais que ocasionaram as 703 vítimas fatais foram: as inundações bruscas com 525 mortes, estiagens e secas com 75, inundações graduais com 59, movimentos de massa com 34, vendavais e/ou ciclones com 5 e tornados com 5 (ATLAS DE DESASTRES NATURAIS, 2012).

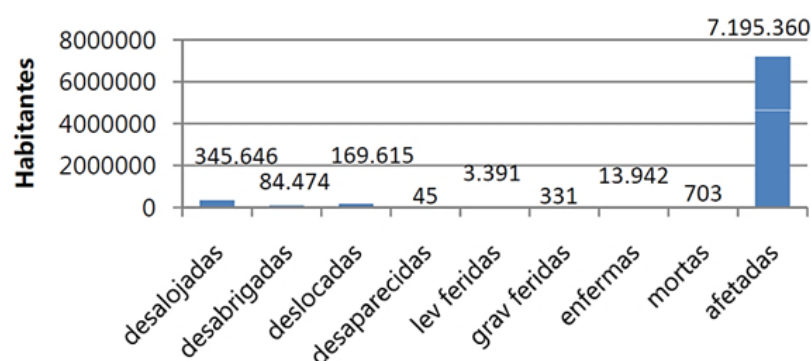


Figura 2 - Total de danos humanos causados pelos desastres naturais em Minas Gerais ocorridos entre 1991 a 2010 (Fonte: Atlas de Desastres Naturais, 2012).

Os registros epidemiológicos existentes no país sobre as relações entre clima e saúde pública, referem-se a observações de impactos da variabilidade do clima e não às alterações climáticas globais. Confalonieri e Marinho (2007) relatam que a maior parte dos estudos se refere a influências climáticas sobre a ocorrência de doenças infecciosas e parasitárias e sua variação no tempo e no espaço. Há também registros de morbimortalidade devido a eventos climáticos extremos, especialmente as chuvas fortes, seguidas ou não de inundações.

Segundo dados do Programa Nacional de Desenvolvimento – PNAD (2002), o Brasil possui elevada incidência de diversas doenças de veiculação hídrica, tais como: a esquistossomose, hepatite A, leptospirose, gastroenterites, entre outras. Apesar de haver um aumento gradual da cobertura dos serviços de abastecimento de água, que atende cerca de 90% da população urbana, de acordo com PNAD (2002) se

sabe que essas doenças podem se agravar com as inundações ou secas que afetam a qualidade e o acesso à água.

O clima é considerado um dos determinantes no modelo de produção de algumas doenças infecciosas como malária, dengue, leptospirose, peste bubônica, cólera e arboviroses. A variabilidade climática pode acelerar os ciclos de transmissão, bem como estender as suas áreas de distribuição geográfica, tanto para latitudes quanto para altitudes maiores, incluindo aqui os eventos extremos, tais como: inundações, ciclones, furacões e ondas de calor (OLIVEIRA et al., 2009).

Estudos sobre a variabilidade climática e seus impactos sobre a saúde humana no Brasil foram realizados por Confalonieri (2003) a partir dos aspectos epidemiológicos das regiões Norte e Nordeste. O autor abordou vários mecanismos diretos e indiretos e aspectos dos efeitos do clima sobre a saúde humana e adotou um modelo conceitual de vulnerabilidade social da população em relação às doenças como malária, leptospirose, leishmaniose, considerando para tanto, os impactos de tempestades em grandes cidades, assim como a seca no Nordeste do país.

O Problema de Pesquisa

O desenvolvimento desta pesquisa contempla três interfaces principais: saúde, clima e meio ambiente, as quais estão ancoradas na saúde pública, na meteorologia e na geografia física, respectivamente. Dessa forma, entende-se que o modelo científico-tecnológico tradicional ou unilateral, montado em bases meramente disciplinares, não teve forças para isoladamente discutir e equacionar o estudo aqui abordado.

O desenvolvimento da pesquisa representou em todo o momento um desafio, especialmente, na busca de uma metodologia que pudesse dialogar e integrar as três interfaces, a fim de superar as dificuldades inerentes ao próprio “Problema de Pesquisa”, que teve o intuito de conhecer, discutir, esclarecer e propor respostas que atendessem aos principais objetivos da pesquisa e que, também, pudesse apoiar planejamentos no tocante à saúde pública, no que se refere aos resultados obtidos acerca da influência da precipitação, bem como de sua variabilidade sobre a distribuição espaçotemporal da leptospirose em Minas Gerais.

Questões e Hipótese

O primeiro pressuposto que permeou esta pesquisa residiu no fato de buscar compreender as interações e repercussões do clima na saúde humana. Partindo da premissa, que as pessoas vítimas de desastres naturais também têm sua saúde afetada após a ocorrência destes eventos. No entanto, devido a grande dificuldade de se encontrar notificações com o diagnóstico de uma dada doença que relacionasse a causa de origem da mesma, como sendo ocorrência ou consequência do desastre natural, foi feita a opção de se estudar uma doença que apresentasse claramente uma relação com a precipitação e, assim foi escolhida a leptospirose. A leptospirose é considerada pela Organização Mundial de Saúde – OMS, doença negligenciada que apresenta forte relação com a precipitação pluviométrica quando se observa situações de surtos epidêmicos.

O segundo pressuposto surgiu da constatação, a partir do levantamento do referencial teórico, sobre a escassez de discussões científicas no estado mineiro que contemplassem a relação entre a leptospirose e a precipitação pluviométrica.

Outro pressuposto que alicerçou a pesquisa reside na compreensão de que a precipitação é uma variável já conhecida e atestada cientificamente sobre sua relação com os eventos de surtos epidêmicos da leptospirose. Cabe esclarecer:

De que forma a variabilidade espaçotemporal da precipitação regula e é capaz de afetar diretamente a distribuição espaçotemporal da doença em Minas Gerais? Principalmente, em situações de surtos epidêmicos associados a anos chuvosos.

As questões, aqui consideradas, partem da compreensão de que a existência da leptospirose, entendida como fenômeno-doença, transmitida por veiculação hídrica é quase sempre ocasionadas por desequilíbrios ou catástrofes naturais. Nos últimos 20 anos a frequência e intensidade dos fenômenos climáticos têm aumentado, trazendo sérias consequências aos países mais pobres, causando vulnerabilidade às populações e, evidentemente, sobre a saúde destas. Estas situações quando muito recorrentes podem limitar e até perturbar o progresso de um país ou de uma dada região em termos de desenvolvimento social e econômico.

Diante do exposto, apresentam-se as seguintes questões norteadoras da pesquisa:

(i) De que forma a variabilidade do clima influencia a configuração da distribuição espaçotemporal da precipitação (em escala regional e local) a ponto de afetar o padrão de distribuição da leptospirose em Minas Gerais?

Assim, compreender o comportamento da precipitação durante o período chuvoso ao longo do tempo é imprescindível no entendimento sobre os possíveis padrões e configurações inerentes ao clima (comportamentos cíclicos, flutuações e variações interanuais), os quais se relacionam com a variabilidade da precipitação. Acrescenta-se a esse entendimento, aquele das repercussões desta variabilidade no

comportamento do fenômeno-doença (leptospirose) ao longo do tempo e do espaço no estado de Minas Gerais.

A variável "Exposição" compreende o tempo, a variabilidade e as tendências climáticas, segundo a *Epidemiologia Descritiva* e ainda, levanta as dificuldades inerentes ao comportamento do fenômeno-doença. Não existe nenhum grupo manifestante ou "não exposto" que sirva de referência para comparações. Na verdade, a escassa diferença existente entre indivíduos de um mesmo lugar quanto à exposição do clima ou do tempo local, geralmente impede comparar grupos de pessoas entre si, com diferentes "exposições". No entanto, estudos científicos evidenciam que, no caso da leptospirose humana, a população de susceptíveis ou vulneráveis à doença, possui um perfil característico, pois normalmente os surtos epidêmicos da doença acontecem em áreas com precárias condições sanitárias, elevado grau de pobreza e sujeitas às inundações, sobretudo nas áreas de "baixadas". A partir desta análise, se coloca o seguinte questionamento:

(ii) *A variabilidade do Clima pode acelerar os ciclos de transmissão da doença, bem como estender as suas áreas de distribuição geográfica?*

A partir destes questionamentos surgiu a necessidade de se realizar um estudo da análise espacial da leptospirose. Através dele, foram identificadas as áreas e/ou municípios do estado mais vulneráveis à doença, observadas a partir das frequências dos casos de leptospirose mais relevantes, para depois identificar as características da variabilidade da precipitação ao longo da série, a fim de compreender e explicar a possível associação/correlação com o padrão de circulação atmosférica em escala regional e local em Minas Gerais.

A partir da distribuição espacial e da análise dos dados de leptospirose no período de 1998 a 2012 em Minas Gerais, constatou-se que a doença possui uma distribuição sensível à variabilidade temporal e espacial e que os determinantes socioambientais estão diretamente relacionados à presença da leptospirose. Partindo desta constatação, acredita-se que o fenômeno estudado apresente uma

componente climática que responde pelo aumento do número de casos da doença principalmente durante o trimestre chuvoso de Dezembro-Janeiro-Fevereiro (DJF).

Dessa forma a Hipótese que pautou este trabalho foi:

A configuração do clima regional e/ou local em conexão com a variabilidade interanual do clima causa interferências nos padrões de transmissão de leptospirose no estado de Minas Gerais.

Objetivos

O cruzamento entre as questões colocadas anteriormente e o objeto desta pesquisa, bem como, a finalidade que o conhecimento gerado traz, coloca uma questão óbvia que é esclarecer de que forma se dá o processo de construção deste conhecimento e, como tal questão irá tangenciar as análises e discussões inerentes à pesquisa. Para a construção deste conhecimento foi necessário identificar e compreender o que norteia a abordagem que envolve a análise da distribuição de um fenômeno no tempo e no espaço, que tem sua própria dinâmica em termos de sistema natural, mas que também é afetado por outras dinâmicas oriundas do curso evolutivo da ocupação humana no espaço.

Os objetivos específicos consistiram em:

- Demonstrar cientificamente a sensibilidade da leptospirose ao clima, a partir da observação dos efeitos da variação espaçotemporal das precipitações sobre a doença. Para atender este objetivo foi feito um estudo Epidemiológico Descritivo da leptospirose humana e a realização da espacialização dos dados mensais de leptospirose ao longo do ano no estado de Minas Gerais (MG), a fim de identificar sua variabilidade temporal e regional, bem como identificar as mesorregiões/localidades com as maiores frequências de leptospirose, para compreender as principais variáveis relacionadas no processo de produção da doença.
- Analisar estatisticamente as associações da Zona de Convergência do Atlântico Sul – El Niño/Oscilação Sul (ZCAS-ENOS) e, suas repercussões na transmissão da doença durante o trimestre mais chuvoso DJF. Para tanto, foi calculada a frequência de atuação da ZCAS-ENOS responsáveis pelas anomalias positivas das precipitações que estiveram relacionadas ao aumento do número de casos da leptospirose no estado mineiro entre 1998-2012. Foi calculada a correlação entre ZCAS-ENOS, verificada através das anomalias de precipitação e da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), nas regiões dos oceanos Pacífico Central (OPC) e Atlântico Sul (OAS), a fim de verificar a possível influência das oscilações interanuais

e intrasazonais sobre a distribuição espaçotemporal da precipitação em Minas Gerais. O curto período de tempo analisado se justifica através da disponibilidade e continuidade dos dados de leptospirose, por parte do DATASUS, a partir de 1998.

- Analisar e discutir os aspectos sinóticos da circulação atmosférica durante as ocorrências de associações ZCAS-ENOS que, ocasionaram as anomalias positivas da precipitação e que, repercutiram no aumento do número de casos da leptospirose em MG (2002-2012). Especificamente, buscou-se identificar os padrões da circulação atmosférica, durante a fase ativa da ZCAS, nos meses de DJF, a partir de análises sinóticas do comportamento médio de variáveis atmosféricas e de alguns dos campos compostos das principais variáveis que são importantes na formação/manutenção da ZCAS. Estas análises são cruciais no entendimento da dinâmica atmosférica que ocasionou as anomalias positivas da precipitação que, por sua vez, favoreceram o aumento da doença em algumas cidades mineiras especialmente no setor sudeste de MG, onde a doença apresenta recordes de incidência.

Em suma, o estudo buscou analisar e explicar a influencia das associações da ZCAS com o fenômeno ENOS e as repercussões dessa associação, no padrão de distribuição das anomalias positivas da precipitação em Minas Gerais que causaram o aumento no número de casos da leptospirose ao longo da série estudada.

Para atender aos objetivos específicos foi necessário desmembrá-los em três etapas de trabalho que resultaram em três artigos com abordagens específicas que se constituíram em:

- (i) Artigo I - análise espacial e epidemiológica dos casos mensais de leptospirose, bem como uma análise das anomalias mensais da precipitação no estado de MG no período de 1998 a 2012;
- (ii) Artigo II - análise climatológica sobre associações entre ZCAS-ENOS e sua influência sobre a distribuição espaçotemporal da leptospirose em MG;

- (iii) Artigo III - análise da circulação atmosférica predominante durante as associações entre ZCAS-ENOS.

Os objetivos de cada artigo, a metodologia utilizada e os resultados obtidos em cada etapa do trabalho, acima citada, são apresentados no capítulo 5, na seção 5.1 - *Resultados e Discussões* (Artigo I – 5.2; Artigo II – 5.3 e Artigo III – 5.4), a fim de facilitar a compreensão e o entendimento de cada uma das etapas.

O APÊNDICE A, apresenta os mapas da espacialização anual dos casos de leptospirose em Minas Gerais entre 1998 a 2012. Esta etapa do trabalho foi desenvolvida no início da pesquisa e, possibilitou um entendimento inicial sobre a distribuição espaçotemporal dos casos de leptospirose em Minas Gerais. Os resultados, análises e discussões mais relevantes para a pesquisa, referentes a essa etapa do trabalho, se encontram disponíveis no Artigo I, no capítulo 5 da seção 5.2.

Capítulo 1

1. A Interface Saúde: Os Aspectos Epidemiológicos e a Distribuição Espacial da Leptospirose Humana

Nesta seção, são apresentadas discussões pertinentes à temática em estudo, visando abordar os principais aspectos da leptospirose humana, principalmente aqueles relacionados à contaminação, transmissão e forma de distribuição espaçotemporal da doença e suas relações com a variabilidade da precipitação, tomando como ponto de partida o levantamento teórico.

1.1. Ciclo de Transmissão

A leptospirose é uma doença infecciosa febril, aguda, potencialmente grave, causada por uma bactéria, a *Leptospira Interrogans*. É uma zoonose que ocorre no mundo inteiro, exceto nas regiões polares. Em seres humanos, ocorre em pessoas de todas as idades de ambos os sexos e, na maioria (90%) dos casos tem evolução benigna. A transmissão da leptospirose é primariamente uma zoonose e acomete os roedores e outros mamíferos silvestres, sendo um problema veterinário relevante, atingindo animais domésticos (cães, gatos) e outros de importância econômica (bois, cavalos, porcos, cabras, ovelhas). Esses animais, mesmo quando vacinados, podem tornar-se portadores assintomáticos e eliminar a leptospira pela urina.

O rato de esgoto "*Rattus norvegicus*" é o principal responsável pela infecção humana, em razão de existir em grande número e da proximidade com seres humanos. A bactéria se multiplica nos rins desses animais sem causar danos, é eliminada pela urina dos animais contaminados e sobrevivem no solo úmido ou na água que tenham Ph neutro ou alcalino, não sobrevivem em águas de alto teor salino. Os seres humanos são considerados hospedeiros acidentais dentro do ciclo de transmissão (Levett, 2001; Kobayashi, 2001; Huttner et al., 2002) e a infecção humana se dá através da penetração da bactéria pela pele ou mucosa em contato com a urina, sangue, tecidos ou órgãos de animais infectados ou indiretamente pelo contato com a água, solo ou vegetação contaminada pela urina (MANDELL et al., 2000; HUTTNER et al., 2002).

O período de incubação pode variar de 1 a 30 dias, sendo em média de 7 a 14 dias. Após o período de incubação inicia-se a fase septicêmica, que dura de 4 a 7 dias, seguida pela fase de localização da bactéria caracterizada por leptospirúria e a presença de anticorpos no soro. A doença pode se apresentar nas formas subclínicas ou formas graves com alta letalidade e, na maioria dos casos, os sintomas se iniciam abruptamente com febre, mal-estar geral e cefaleia, sendo frequentemente rotulada como síndrome gripal ou virose. A forma anictérica é uma infecção mais grave e ocorre entre 60% a 70% dos casos. Na forma ictérica a fase septicêmica evolui para uma doença ictérica grave, com disfunção renal, fenômenos hemorrágicos, alterações cardíacas e pulmonares, estando associadas a taxas de letalidade que variam de 5% a 20% (LEVETT, 2001).

As manifestações iniciais da leptospirose são semelhantes às de outras doenças, como febre amarela, dengue, malária, hantavirose e hepatites. A presunção do diagnóstico da leptospirose é feita com base na história de exposição quanto ao risco (inundações, limpeza de bueiros e fossas, contato com animais de estimação) e na exclusão, através de exames laboratoriais. Os seres humanos são infectados casual e transitoriamente e não têm importância como transmissor da doença, uma vez que a transmissão de uma pessoa para outra é muito pouco provável. A confirmação do diagnóstico de leptospirose é fundamental para a adoção de medidas que reduzam o risco de ocorrência de uma epidemia em área urbana. A confirmação do diagnóstico é feita através de exames sorológicos (microaglutinação pareada com amostra de sangue colhida logo no início da doença e outra amostra duas semanas após) ou, pelo isolamento da bactéria em cultura durante a primeira semana de doença.

1.2. A Leptospirose no Brasil

A leptospirose apresenta distribuição global e, no Brasil, é uma doença endêmica de notificação compulsória desde 1993. Torna-se epidêmica em períodos chuvosos, devido às enchentes e às aglomerações da população de baixa renda em áreas sem infraestrutura e com alta infestação de roedores, presentes nas regiões metropolitanas (Ko et al., 1999; Ashford et al., 2000; Mandell et al., 2000). A real morbidade da doença é apenas parcialmente conhecida, devido à dificuldade de confirmação dos casos nos diferentes diagnósticos e à baixa detecção na forma leve da enfermidade (SOUZA et al., 2010).

A leptospirose está vinculada indiretamente ao clima e de acordo o Guia de Vigilância Epidemiológica (2010) é uma zoonose de grande importância social e econômica por apresentar elevada incidência em determinadas áreas, alto custo hospitalar e perdas de dias de trabalho, bem como por sua letalidade, que pode chegar até 15 - 20% dos casos mais graves, com complicações respiratórias.

Segundo os dados do Plano Nacional de Saúde – PNS (2011), entre 2000-2010 ocorreram no Brasil 146.803 casos, sendo 37.824 confirmados, com uma média anual de 3.438 casos. Os óbitos confirmados totalizaram 4.029 e a letalidade média foi de 10,7%, variando de 12,6% (2004) a 8,7% (2009). A taxa de incidência no país foi de 1,8/100 mil habitantes. Nesse período os casos se concentraram nos estados do Sudeste e Sul representando 69,1% do total do país, seguido do Nordeste (20,4%), Norte (9,0%) e Centro-Oeste (1,5%).

Durante os episódios de inundações e alagamentos, se constata alta incidência de contaminação com a doença que ocorre através do contato direto/indireto com a urina dos ratos, presentes em esgotos e bueiros que se misturam à lama trazida por enxurradas ou enchentes; quando qualquer pessoa em contato com a água ou lama contaminada poderá se infectar. Pelissari et al. (2011) realizaram um levantamento dos estudos científicos com abordagens sobre os fatores associados à leptospirose no Brasil, entre 2000 a 2009 e concluíram que a doença em área urbana esteve relacionada aos baixos níveis socioeconômicos e que o aumento da precipitação precede surtos epidêmicos, corroborando os resultados de outros estudos (MENDONÇA e PAULA, 2003; MAGALHÃES et al., 2009).

Analisando a precipitação (desvios) e os casos de leptospirose na estação chuvosa (jan/jul) no município de São Miguel (RN) entre 1985-1996, Confalonieri (2003) verificou três surtos da doença, nos anos de 1985, 1986 e 1995, com 190, 188 e 36 casos respectivamente, para uma ocorrência endêmica que variou de 0 a 4 casos anuais nos demais anos. O autor constatou que estes surtos epidêmicos ocorreram em anos de muita chuva, conforme observado nos anos referidos, em que o desvio positivo da precipitação, em relação à média histórica foi de 63,4% (1985), 57,3% (1986) e 21,4% (1995). Em todos os outros anos, com exceção de 1994, o nível das chuvas esteve próximo da normal climatológica ou foi negativo e não foram observados surtos de leptospirose.

Um estudo realizado no Rio de Janeiro, durante o período de 1996 a 2006, revelou que os casos de leptospirose no município apresentam maior frequência de ocorrência durante a época mais chuvosa do ano. Outra estatística mostrou que no período de 1975 a 2006 ocorreram no Rio de Janeiro, 4643 casos da doença, com registros de duas grandes epidemias de verão: em 1988, com 536 casos e em 1996, com 1790 casos e 49 óbitos. Este último evento, cujos casos se concentraram principalmente na Baixada de Jacarepaguá, pode ser considerado uma das maiores epidemias já registradas no mundo, com quase dois mil casos ocorridos em um período de menos de três meses (CONFALONIERI e MARINHO, 2007).

1.3. A Leptospirose em Minas Gerais

É importante ressaltar que no estado de Minas Gerais, especificamente na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) se encontram os maiores agravos da doença, e que os estudos sobre a relação entre a leptospirose e a variabilidade da precipitação são incipientes. Entre esses, se considera como dos mais relevantes na discussão o que foi apresentado por Figueiredo et al. (2001), os quais mapearam em 1995 os casos de leptospirose em Belo Horizonte. Esses autores verificaram um aumento dos casos nas áreas de favelas e bolsões de pobreza, áreas de maior carência de infraestrutura básica com concentração de redes fluviais. Os autores constataram que cotas altimétricas mais baixas (750 a 1.000 m) são de extrema relevância na transmissão da doença, uma vez que explicou um total de 83,3 e 79%

entre os casos suspeitos e confirmados de leptospirose com desvios de ± 10 e 11%, respectivamente.

Em Minas Gerais, na área da saúde pública, um estudo epidemiológico foi realizado por Oliveira et al. (1993) no período de 1988 a 1993, os quais analisaram 411 amostras de sangue de pacientes suspeitos, obtidos através da Fundação Ezequiel Dias. Essas amostras foram examinadas por soroglutinação microscópica obtendo 28,5% de positividade. Em Uberaba foi verificada uma positividade de 46,7% nos soros dos indivíduos que tiveram maior contato com animais, em contraste com 19,3% nos soros dos pacientes com menor contato (TAVARES NETO et al., 1996).

1.4. As Repercussões Sanitárias na Propagação da Leptospirose

O controle de doenças como a leptospirose baseia-se em intervenções sobre um ou mais elos conhecidos da cadeia epidemiológica que sejam capazes de interrompê-la. Entretanto, a interação entre o homem e o meio ambiente é complexa e, por vezes, envolve fatores desconhecidos ou que podem ser modificados no momento em que se desencadeia a ação. A ordem dos problemas ambientais causam agravos na saúde da população e, no contexto da leptospirose, os problemas de saneamento observados nas áreas com grande adensamento populacional e ainda, o elevado grau de impermeabilização do solo nas grandes metrópoles, dificulta a infiltração da água pluvial e favorece o escoamento superficial. Dessa forma, chuvas relativamente intensas, facilmente podem provocar alagamentos, enchentes e inundações favorecendo assim, a propagação dessa enfermidade.

É sabido que tanto os vetores, como os microrganismos patógenos e os hospedeiros, sobrevivem e se reproduzem sob condições climáticas ideais, onde as variáveis mais importantes são: temperatura, precipitação, vento e a insolação diária. Em alguns casos se observa considerável influencia da variável altitude, quando essa apresenta valores significativos, acima do nível médio do mar. Dessa maneira, a exposição humana às infecções transmitidas pela água, acontece por contato com águas contaminadas sejam elas águas acumuladas (pluvial) em casos de inundações, água potável, água para uso de recreação e ainda, por contaminação alimentar. A contaminação pode ocorrer devido a intervenções

humanas, através do uso incorreto das águas residuais ou através de fenômenos meteorológicos, sendo a precipitação o veículo transportador de propagação dos agentes infecciosos e a temperatura irá favorecer a reprodução dos roedores e, conseqüentemente, sua sobrevivência.

Em Pernambuco os casos de leptospirose foram investigados por Vasconcelos et al. (2012), eles constataram que, na área urbana, ocorreu a maior parte da infecção com uma frequência de 87,7%. E para os casos que tiveram ambiente de contaminação definido (1.415), o mais frequente foi o domiciliar (61,1%) e o de trabalho (23,8%). Essa alta frequência de casos em ambiente domiciliar pode indicar a precariedade dos locais de moradia e a alta vulnerabilidade às enchentes nos períodos de chuvas. Vale salientar que esses autores observaram que a relação de acesso ao esgotamento sanitário não é diretamente proporcional em todos os municípios, como no caso de Olinda, onde apesar de 52% da população ter acesso ao serviço sanitário, foi verificada a segunda maior taxa de incidência de leptospirose. Os autores concluíram que mesmo em municípios dotados de boas condições de infraestrutura sanitária, em momentos críticos como nas ocorrências de inundações, pode haver rompimento da rede de água e esgoto, propiciando o contato da população com água contaminada.

Capítulo 2

2. A Interface Meio Ambiente: A Leptospirose e seus Condicionantes Ambientais

As discussões tratadas nesta seção visam abordar os principais aspectos relacionados aos condicionantes socioambientais, os quais estão diretamente relacionados com a distribuição geográfica da leptospirose que é, também, fortemente favorecida pelas condições ambientais nas regiões de clima tropical e subtropical, onde os altos índices pluviométricos favorecem o aparecimento de surtos epidêmicos sazonais (Barcellos et al., 2001; Confalonieri, 2003). Portanto, o entendimento sobre as variáveis físicas que atuam no ambiente em que a doença se reproduz, são extremamente importantes na compreensão da relação *clima e saúde*, mais especificamente, no âmbito do interesse desse estudo, onde os elementos climáticos preponderantes e sua influência no ambiente de risco irão condicionar a manifestação e ocorrência da leptospirose (PAULA, 2002 e 2005).

2.1. Os Determinantes Socioambientais e a sua Influência sobre as Epidemias

Para a compreensão da leptospirose é necessário considerar os fatores envolvidos na sua cadeia produtiva. Oliveira (2009) propôs um modelo de produção da doença em que se considera a gênese da leptospirose em diálogo com fatores dos reservatórios ambientais, socioeconômicos e biológicos que envolvem a população vulnerável à doença (Figura 3).

A leptospirose apesar de ser uma enfermidade de ampla distribuição nos grandes centros urbanos, apresenta sua ocorrência favorecida pelas condições ambientais vigentes nas regiões de climas tropical e subtropical, onde a elevada temperatura, os períodos do ano com altos índices pluviométricos favorecem a ocorrência de surtos epidêmicos de caráter sazonal (ACHA & SZYFRES, 2001).

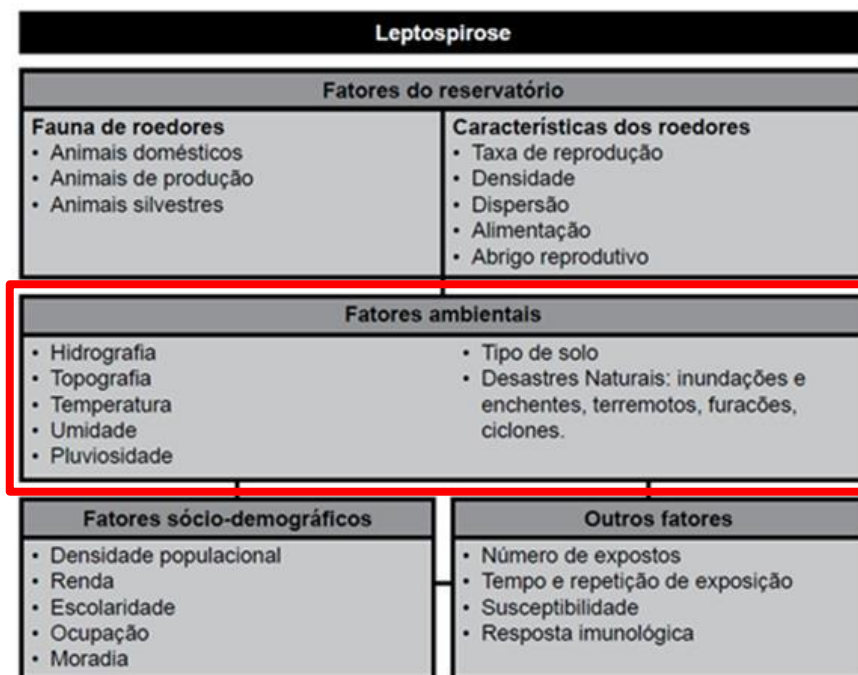


Figura 3 - Modelo produtivo da leptospirose (Fonte: Oliveira, 2009).

O aumento da pluviosidade associado às deficiências nos sistemas de drenagem e limpeza urbana resulta nas inundações, que atingem principalmente os aglomerados urbanos de baixa renda, que ocupam terrenos com topografia desfavorável (encostas e baixadas). Nos eventos de inundação a população fica altamente exposta às variáveis ambientais e aos riscos de contrair doenças relacionadas com a água contaminada.

É relevante comentar a precariedade de serviços básicos nesses ambientes e, conseqüentemente, a grande infestação de ratos, o que torna a leptospirose um grave problema de saúde pública com vários determinantes, ou seja, muitas outras variáveis inseridas num mesmo espaço geográfico que definirão a maior ou menor intensidade da doença. A chuva, neste caso, tem apenas o papel de espalhar a leptospira no ambiente, ampliando as dimensões da contaminação (TALARICO, 2013).

Segundo Sant'Anna Neto (2011) o modo de produção capitalista incorpora distintas formas de uso e ocupação do espaço. O efeito dos tipos de tempo sobre um espaço construído de maneira desigual gera problemas de origem climática também desigual. A entrada de um sistema atmosférico, como uma frente fria, por exemplo,

atua de maneira mais ou menos uniforme num determinado espaço em escala local. Entretanto, em termos socioeconômicos, esse sistema produzirá diferentes efeitos em função da capacidade que os diversos grupos sociais têm de se defenderem. Se o resultado concreto da entrada da frente fria, em área urbana, for queda de precipitação em grandes quantidades, e se o produto final desta ação desembocar numa inundação, muito provavelmente, as áreas mais atingidas pelas águas deverão ser aquelas onde os equipamentos urbanos e o poder público, funcionam de forma precária, pois as inundações não atingem e não afetam a todos da mesma maneira.

A expansão territorial verificada na maior parte dos centros urbanos, ao longo do século XX, foi responsável pela total negligência com relação à topografia e a rede de drenagem, permitindo a ocupação humana em fundos de vale, planícies de inundação ou nas encostas íngremes, que se destacam como áreas potencialmente de riscos. Dessa forma, os grupos sociais menos favorecidos ocupam as áreas de maior risco, expondo-os à situação de vulnerabilidade. Essa combinação entre população vulnerável habitando em áreas de risco, apresenta outro ingrediente problemático, que é a ausência da assistência por parte do poder público e a falta de ações preventivas que possam minimizar os seus impactos. Assim, constroem-se as situações ou episódios que levam às catástrofes, a exemplo dos episódios de chuvas intensas de menor proporção que, atualmente com considerável frequência, têm sido capazes de promover situações de emergência ou calamidades (SANT'ANNA NETO, 2011).

No contexto do papel do clima como fonte geneticamente importante de episódios extremos geradores de catástrofes, os produtos resultantes das ações socioambientais no sistema climático são perceptíveis de modo mais eficiente nas áreas urbanas e, se expressam por meio dos canais da percepção humana, conforme proposto por Monteiro (1976): o termodinâmico (conforto térmico), o físico-químico (qualidade do ar) e o hidrometeorológico (impacto pluvial), que se manifestam em eventos corriqueiros nas metrópoles (poluição do ar, alterações na ventilação, configurações de ilhas de calor desconforto térmico, impacto pluvial extremo, dentre outros). Portanto, a ocorrência de enfermidades seria a manifestação menos visível deste processo que, ao contrário de inundações ou secas, facilmente percebidas, as

doenças geradas ou potencializadas por eventos extremos são uma grave ameaça à população urbana. Entretanto, é difícil dissociar os atributos climáticos da qualidade ambiental, do conforto e do bem estar, visto que são componentes do sistema urbano, inteiramente relacionados e dependentes entre si (MONTEIRO, 1976).

Carrijo (2008) ressalta que a circulação do agente roedor não se restringe a áreas de reprodução dos reservatórios. Algumas configurações espaciais, resultantes de combinações de construções do espaço geográfico ao longo do tempo, podem estar interferindo na ocorrência de casos de leptospirose em áreas vizinhas às áreas estudadas, concordando com os resultados de Barcellos e Sabroza (2000), Paula (2005) e Pellegrini (2002). Isso ocorre devido à circulação dos reservatórios em outras áreas ou por mudanças da área de transmissão da bactéria, por exemplo, depósitos de lixo. Ainda em períodos de chuvas fortes, em que há a possibilidade de ocorrer enchentes, o bioagente patógeno pode ser levado para outras áreas, que não possuem configurações espaciais e/ou ecológicas propícias para a presença da leptospira naquele ambiente.

Segundo estudo realizado por Aleixo e Sant'Anna Neto (2010) em Ribeirão Preto, a leptospirose se associa mais a falta de infraestrutura urbana e vulnerabilidade social do que com a quantidade ou intensidade das chuvas. O autor observou que os casos de leptospirose ocorrem em áreas de risco, próximas a córregos urbanos pouco saneados e sujeitos a inundação, por causa da canalização e ocupação indevida de suas margens.

De acordo com Campos (2010) a influência dos fatores ambientais como a variabilidade climática pode alterar os padrões de determinadas doenças infecciosas, como a leptospirose, acentuando condições ambientais (alterações na temperatura, umidade relativa, precipitação pluviométrica e até o ciclo hidrológico) que podem potencializar a capacidade de reprodução e sobrevivência de patógenos.

Magalhães et al. (2009) analisaram as relações entre chuvas, inundações e casos de leptospirose, a partir de um estudo temporal e espacial da doença em Fortaleza entre 2004 a 2007. Os resultados mostraram um maior número de casos de

leptospirose concentrados no primeiro semestre do ano, durante a quadra chuvosa, evidenciando um padrão sazonal de ocorrência da doença. Observaram ainda que, sua espacialização é influenciada pelas condições de moradia e saneamento básico, tornando-se mais frequentes nas áreas sujeitas às inundações, esses resultados estão de acordo com os estudos de MENDONÇA e PAULA (2003); ZANELLA (2006).

Paula (2005) realizou uma análise climato-geográfica sobre a manifestação da leptospirose humana no Brasil, Paraná e Curitiba, e verificou que na Região Sudeste, os estados de São Paulo e Rio de Janeiro, juntamente com os estados do Sul do país, constituem aqueles com maior número de casos (1997-2001). A distribuição sazonal das ocorrências de leptospirose nesses estados segue o padrão nacional, com máxima ocorrência nos meses de janeiro, fevereiro e março. No ano de 1999, o verão foi bastante chuvoso e apresentou elevados coeficientes de incidência nos estados mencionados, sendo que as cidades de São Paulo e Curitiba apresentaram as maiores quantidades de notificações da doença.

A relação entre as variáveis do clima e as socioeconômicas no aumento da taxa de leptospirose na cidade do Rio de Janeiro (1996 a 2009), foi estudada por Oliveira et al. (2012), esses autores observaram que as variáveis que se mostraram significativas no modelo temporal foram: temperatura máxima e mínima, pluviometria e dias de chuva por mês, levando a concluir que a pluviometria é considerada extremamente relevante no aparecimento de casos de leptospirose, mas não é o único fator determinante para o aumento do número de casos da doença.

Talarico (2013) analisou a variabilidade sazonal da leptospirose em Salvador a partir de informações de pluviosidade, número de casos confirmados da doença e de óbitos (janeiro de 2008 a dezembro 2011), com o objetivo de verificar se a correlação entre períodos mais chuvosos e o aumento no número de casos se aplicaria à capital baiana. O autor levou em conta as particularidades topográficas, climatológicas e socioeconômicas dessa cidade. Os resultados do estudo apontaram para a existência de correlação entre pluviosidade e leptospirose em Salvador e que, durante os períodos chuvosos, ocorre um crescimento do número

de casos da doença, sendo que, o inverso também se aplica. Nos anos de 2010 e 2011, esta assertiva esteve altamente relacionada, com coeficiente de correlação entre os valores de chuva mensal e o total de casos confirmados de leptospirose de 0,97 e 0,91, respectivamente.

Aleixo e Sant'Anna Neto (2010) buscaram relacionar a incidência da leptospirose com a precipitação pluvial direta e indiretamente, quando ocorreram episódios de inundações urbanas na cidade de Ribeirão Preto (1998-2008). O município de Ribeirão Preto possui altitude de 518 m e população de 547.417 habitantes (época do estudo). A cidade se encontra na depressão periférica paulista e possui um clima controlado por sistemas equatoriais e tropicais com clima tropical (seco e úmido), os autores observaram que a maior parte da área urbana está situada na porção mais baixa da bacia do rio Pardo, com relevo pouco acidentado, leves colinas que se formam entre os divisores das microbacias. Somente nas direções oeste e sudoeste, se encontram regiões de relevo mais acidentado no município. Esta configuração geomorfológica, onde a área urbana fica em uma depressão circundada por áreas mais elevadas, limita a circulação das massas de ar, o que justamente influencia na não dispersão de poluentes e no armazenamento do calor no espaço urbano, potencializando a formação de chuvas convectivas.

2.2. A Importância das Diferentes Análises de Escala nos Estudos Epidemiológicos e Ambientais

Carrijo (2008) estudou o efeito da escala geográfica na análise dos determinantes da leptospirose e verificou que em escalas diferentes se torna difícil identificar as mesmas informações. Por exemplo, áreas inundáveis em geral, são utilizadas nas análises intraurbanas, ou seja, em estudos locais. Quando passamos para análise regional não conseguimos delimitar estas áreas e opta-se no desenvolvimento dos trabalhos por utilizar a informação de altitude. Isto quer dizer que diferenças de tamanho de superfície implicam em diferenças quantitativas e qualitativas dos fenômenos (Lacoste, 1976; Racine, Raffestin e Ruffy, 1983 e Castellanos, 1987). Em outras palavras as mudanças de escala implicam muitas vezes em mudanças na metodologia e a captura de informação em escalas diferentes pressupõe a utilização

de variáveis diferentes devido à impossibilidade de visualizar algumas feições geográficas em dadas escalas (BARCELLOS et al., 2002).

Existe também a dificuldade de se trabalhar com o inverso, como por exemplo, o clima em uma escala global pode ter grande importância para a determinação de doenças, mas numa escala local este dado, em geral, perde relevância porque a variabilidade do dado, normalmente é menor na escala local que na escala global. Assim se afirma que a realidade aparece de modos diferentes de acordo com os níveis de análise (LACOSTE, 1976; CASTELLANOS, 1987).

As áreas urbanas se encontram também, em estágios variados de organização e gestão territorial, que oferecem maior ou menor possibilidade dos eventos extremos produzirem situações críticas e calamidades. A vulnerabilidade varia tanto no espaço, quanto no tempo e pode estar inserida em diferentes escalas de análise e de efeito. As escalas temporais podem ser diferenciadas entre horas, meses, décadas e até mesmo séculos, e na escala espacial, a graduação dimensional se encontra entre local (casa, bairro ou cidade), regional (zona ou estado) e até mesmo em grandes dimensões como nacional ou continental, chegando ao nível global.

Aleixo e Sant'Anna Neto (2011) se inspiraram no pensamento "*Miltoniano*" sobre "sistema de fixos e de fluxos" e coloca que derivam das intervenções sociais e econômicas nos ambientes interurbanos e, que por meio das relações entre os agentes sociais os tipos de fluxos que atuam no espaço urbano, numa perspectiva ambiental se encontram a dinâmica atmosférica e o ritmo climático, que funcionam como forças capazes de agir de forma a pressionar o sistema urbano, produzindo condições de tempo que afetam e condicionam a vida cotidiana das cidades (Figura 4).

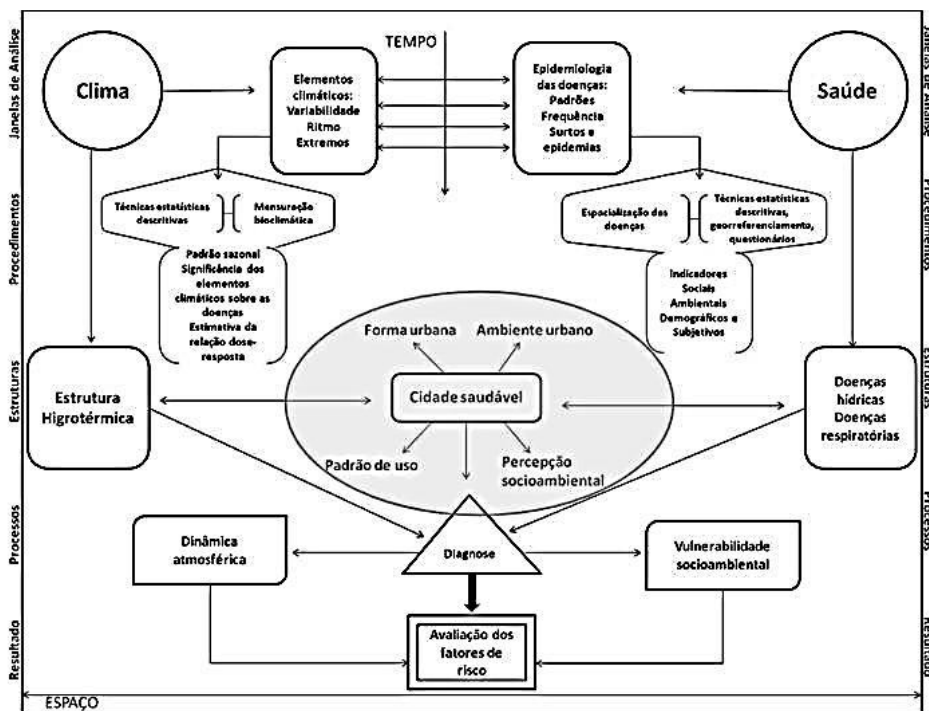


Figura 4 - Esquema metodológico da relação clima e saúde em ambiente urbano (Fonte: Aleixo e Sant'Anna Neto, 2011).

Os fatores socioeconômicos, em razão da vulnerabilidade podem aumentar e gerar, um quadro muito mais agravado junto às populações que se encontram ameaçadas ou já envolvidas por um dado risco de ordem ambiental. De acordo com Veyret (2007), a vulnerabilidade se mede pela estimativa dos danos potenciais (ao patrimônio público, privado e a população) ao ser compartilhada, por um grupo social (probabilidade anual de um conjunto de indivíduos serem mortos em razão do mesmo acontecimento) ela é portanto, função em grande medida, da distribuição da população em torno do local de risco.

Paula (2005) recomenda que na análise espacial da leptospirose em nível municipal, devem-se levar em consideração três fatores principais: as condições sociais, o risco de ocorrência de inundação e a concentração populacional. O último fator é ressaltado por motivos óbvios, ou seja, quanto maior o número de suscetíveis, maior é o risco de ocorrências de leptospirose. Sobre os dois outros fatores, foi verificado em Curitiba, que a concentração dos casos aumenta da porção central da cidade em direção à periferia, havendo correlação entre os casos da doença e as áreas pobres da cidade, principalmente no que diz respeito, às áreas de sub-moradias, que

justamente, coincidem com as áreas de várzea de rios apresentando alto índice de enchentes.

2.3. Principais Variáveis Físicas no Processo das Inundações

A discussão consiste em abordar as variáveis físicas “naturais” que são importantes nos processos de inundações que ocorrem em Minas Gerais, no que concerne aos impactos causados à saúde pública, principalmente aqueles relacionados à transmissão da leptospirose nas situações de surtos epidêmicos.

A humanidade em 2008 atingiu a marca histórica de 50% da população mundial vivendo em cidades, em números isto representa aproximadamente 3,4 bilhões de pessoas concentradas em áreas urbanas e, as projeções mostram de que este percentual pode aumentar para 60% em 2030, grande parte desse crescimento ocorrerá em países em desenvolvimento. No Brasil mais de 80% dos brasileiros vivem em áreas urbanas, onde o acelerado crescimento tem criado espaços fragmentados com ampla segregação espacial, agravando a desigualdade social e a degradação ambiental.

Segundo Nobre et al. (2010) do ponto de vista das mudanças climáticas, independentemente do crescimento populacional, a transição urbana em si mesma já é um fator que contribui para o aumento das emissões de gases do efeito estufa, porque os modos de vida associados ao processo de urbanização consomem mais energia. Dessa forma, as interações entre o processo de urbanização e as alterações climáticas geram impactos que podem ser agrupados em duas categorias: (i) aqueles originários em áreas urbanas e que têm efeitos negativos sobre as mudanças climáticas e; (ii) aqueles provenientes das mudanças climáticas que têm efeitos negativos sobre as áreas urbanas.

Em geral, significativas transformações no clima local são geradas pelo modo como essas áreas urbanas se desenvolvem, através de intervenções desconexas com intensa verticalização, compactação e impermeabilização do solo, supressão de vegetação e cursos d'água. Considerando o acelerado processo de expansão

urbana e o atraso na implantação de infraestrutura adequada ao ritmo de crescimento das grandes cidades, uma vez que estas não se encontram preparadas para os efeitos das mudanças climáticas. Esse é o caso das maiores cidades brasileiras e de suas Regiões Metropolitanas como: São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, entre outras.

Fazendo uma analogia e extensão da discussão travada por Nobre et al. (2010) em relação aos impactos das mudanças climáticas sobre as “Megacidades”, que inicialmente foi aplicada à Região Metropolitana de São Paulo e, posteriormente, estes autores estenderam suas análises para as principais Regiões Metropolitanas do Brasil. É relevante comentar, que no tocante ao processo de urbanização no Brasil, sabe-se que a maioria das grandes cidades, que vivenciaram esse processo apresenta inúmeras semelhanças entre si, com raras exceções. Em seguida, apresenta-se breve histórico sobre as características principais no processo de urbanização das grandes cidades brasileiras:

- 1) Inicialmente, a partir da expansão do tráfego por volta de 1930 em São Paulo, o aproveitamento dos fundos de vale para a construção do sistema viário passou a figurar como uma solução rotineira, visando ampliar a infraestrutura viária. Assim, o sistema hídrico da cidade de São Paulo e, dos demais grandes centros brasileiros, foi se transformando em sistema viário;
- 2) Com o passar dos anos a situação foi se agravando à medida que mais córregos eram canalizados e apesar de todas as intervenções realizadas, as enchentes só aumentavam ao longo dos anos em frequência e intensidade;
- 3) De início as enchentes e inundações nas grandes Regiões Metropolitanas atingiam mais diretamente as pessoas mais pobres embora, nos dias atuais, cheguem a afetar a população como um todo. Enfim, o agravamento dos problemas de drenagem sempre esteve atrelado à ocupação dos fundos de vale e à má qualidade ambiental dos espaços urbanos, pela redução ou eliminação de áreas verdes, impermeabilização do solo, favelização de terrenos de baixada descartados

pela especulação imobiliária e a formação de áreas de risco ao longo de cursos d'água etc.

Neste processo, as condições geomorfológicas e climáticas presentes em locais de relevo mais acidentado, principalmente nos compartimentos geomorfológicos de morros e morrotes, presentes nas regiões periféricas dos grandes centros brasileiros, permitem a ocorrência de enchentes com alta energia de escoamento, com grande volume e velocidade das águas, em razão das altas declividades dos terrenos marginais das porções de cabeceira de drenagem em vales encaixados, deflagrados por elevados índices de pluviosidade instantânea em eventos localizados de chuva.

A energia erosiva desses processos tende a causar o assoreamento dos trechos de jusante nos cursos d'água, aumentando a condição de ocorrência de inundações. Enchentes e inundações desse tipo podem causar a destruição de edificações, de obras de infraestrutura urbana, danos materiais diversos e colocam em risco a integridade física das pessoas residentes em áreas ribeirinhas, não só pelos óbitos ocorridos no instante do desastre, mas também, sobre as doenças decorrentes da contaminação por veiculação hídrica, podendo ser de variados tipos mas que, no tocante a essa pesquisa, refere-se à contaminação da leptospirose.

As inundações e enchentes são fenômenos naturais que ocorrem frequentemente nos corpos de água atingidos por chuvas de longa duração ou alta intensidade e curta duração. A inundação é o extravasamento das águas do canal de drenagem para áreas marginais (várzeas, leito maior ou planície de inundação), quando a enchente atinge uma cota acima do nível máximo da calha principal do rio (Figura 5).

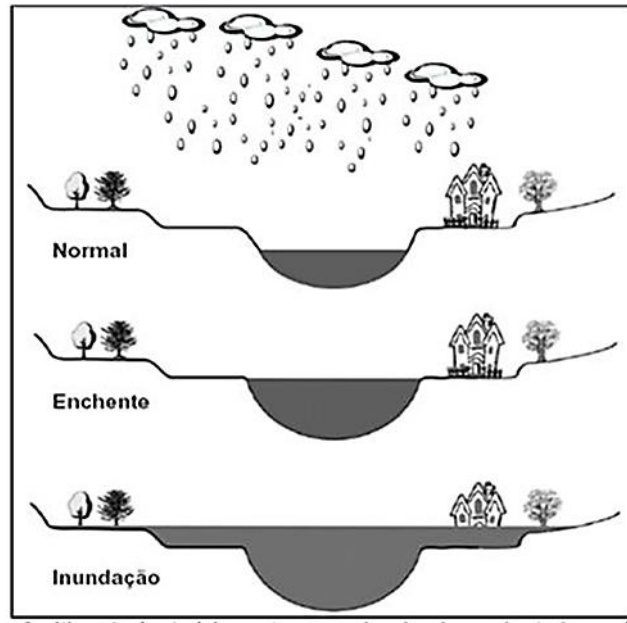


Figura 5- Esquema de enchentes e inundações. (Fonte: Goerl & Kobyama, 2005).

Segundo Amaral e Ribeiro (2009) a grandeza e a frequência dos processos hidrológicos ocorrem em função da quantidade e da intensidade na distribuição da precipitação, do grau de saturação do solo, da taxa de infiltração de água no solo e das características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem. Estes autores afirmam que a probabilidade e a ocorrência de inundação, enchente e de alagamento são analisadas pela combinação entre os condicionantes naturais e antrópicos. Entre os condicionantes naturais destacam-se:

- a) formas do relevo;
- b) características da rede de drenagem da bacia hidrográfica;
- c) intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas;
- d) características do solo e o teor de umidade;
- e) presença ou ausência da cobertura vegetal.

No entanto, é importante ressaltar que os fatores antrópicos podem potencializar a vulnerabilidade de um local às inundações, dentre eles: a densidade populacional, a distribuição de renda, as redes de infraestrutura, a tipologia das edificações, a falta de planejamento, a forma de uso e ocupação do solo e a percepção do risco.

O estudo desses condicionantes naturais permite compreender a dinâmica do escoamento da água nas bacias hidrográficas (vazão) de acordo com o regime de chuvas conhecido. A planície de inundação ou várzea é uma área que periodicamente será atingida pelo transbordamento dos cursos d'água, constituindo, portanto, uma área inadequada à ocupação.

De acordo com as características do vale é possível prever a velocidade do processo de inundação. Os vales encaixados (em V) e vertentes com altas declividades predispoem as águas a atingirem grandes velocidades em curto tempo, causando inundações bruscas e mais destrutivas. Os vales abertos, com extensas planícies e terraços fluviais predispoem inundações mais lentas (graduais), devido ao menor gradiente de declividade das vertentes do entorno. Chuvas intensas e/ou de longa duração favorecem a saturação dos solos, aumentando o escoamento superficial e a concentração de água nas vertentes e vales. A cobertura vegetal também é um fator relevante, visto que a presença de vegetação auxilia na retenção de água no solo e diminui a velocidade do escoamento superficial, minimizando as taxas de erosão. Entre os condicionantes antrópicos para as inundações, Amaral & Ribeiro (2009) citam:

- a) uso e ocupação irregular nas planícies e margens de cursos d'água;
- b) disposição irregular de lixo nas proximidades dos cursos d'água;
- c) alterações nas características da bacia hidrográfica e dos cursos d'água (vazão, retificação e canalização de cursos d'água, impermeabilização do solo, entre outras).

Capítulo 3

3. A Interface Clima: O Papel preponderante da Precipitação

Esta seção descreve os principais sistemas atmosféricos de meso e larga escala que influenciam no clima da Região Sudeste do Brasil, sobretudo aqueles que estão diretamente relacionados com as precipitações de Minas Gerais (MG). Buscando entender as interferências interanuais e intrasazonais do clima na variabilidade dessas, especialmente, no que se refere às anomalias positivas das precipitações que ocorrem no trimestre chuvoso de Dezembro-Janeiro-Fevereiro (DJF) em MG.

3.1. Os Principais Sistemas Atmosféricos Responsáveis pelo Regime Pluviométrico do Sudeste do Brasil

O conhecimento das características atmosféricas globais e a influência de diversos padrões atmosféricos, bem como, o papel das teleconexões em extremos de precipitação na Região Sudeste é importante no entendimento sobre a variabilidade atmosférica e auxilia os diversos setores que dependem das informações de previsão de tempo e clima. Vasconcelos (2008) estudou a contribuição das características atmosféricas e os padrões de teleconexões nos eventos diários e sazonais de precipitação extrema no SE do Brasil. As chuvas intensas nessa Região do país têm causado nos últimos anos bastantes prejuízos e atingem diversos setores da sociedade. Essas chuvas são provocadas por fenômenos e sistemas meteorológicos de diversas escalas espaciais e temporais, as quais modificam a estrutura dos eventos de precipitação intensa e interferem na distribuição espacial da precipitação.

Os sistemas frontais e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) são considerados dois dos principais causadores de precipitação no SE. A frequência e a intensidade desses dois sistemas são fatores importantes no total de precipitação em determinada estação do ano e, irão refletir sobre as características da estação

seca e chuvosa. Esses sistemas meteorológicos são altamente controlados por processos de escalas maiores como o posicionamento e a intensidade dos jatos de ar superior, a ocorrência de episódios de bloqueio e os padrões de teleconexões (CASARIM e KOUSKY, 1986; KOUSKY, 1988; KODAMA, 1992; QUADRO, 1994).

Para entrar na discussão propriamente dita, sobre os principais sistemas atmosféricos atuantes no SE do Brasil, se faz imprescindível inserir a definição de Nimer (1979), na qual afirma que o clima da região Sudeste, corresponde a uma faixa de transição entre duas regiões (nos subtropicais) com diferentes comportamentos climáticos: clima quente de uma região semiárida ao norte (NE) e ao sul, um clima mesotérmico temperado (Sul). A posição latitudinal, a posição na borda ocidental do Oceano e a topografia bastante acidentada (Serras da Mantiqueira e do Mar), desempenham um papel muito importante nos processos de precipitação em relação a sua intensidade e sua distribuição espacial. O estudo de Vasconcelos (2008) constata que é indispensável uma análise dos diversos mecanismos atmosféricos que atuam e interferem nos processos de precipitação dessa região, e que esses mecanismos se apresentam na forma de diversos fenômenos e sistemas meteorológicos. A seguir, apresenta-se uma síntese dos principais sistemas atmosféricos responsáveis pela precipitação no SE do Brasil:

3.2. Sistemas Frontais

Satyamurti e Mattos (1989) mostraram que o Sul e SE do país, são áreas de frontogêneses, onde as frentes podem se intensificar ou se formar. Em termos de escala sinótica Satyamurti et al. (1998) discutiram sobre o processo de formação de frentes e constataram que os sistemas frontais estão entre as mais importantes perturbações transientes responsáveis pelas chuvas no Sul, Sudeste e sul do Nordeste do Brasil.

Durante o verão as frentes frias ao ingressarem no sul do país, se intensificam ao se associarem a um sistema de baixa pressão em superfície sobre o Paraguai conhecido como Baixa do Chaco (Lemos e Calbete, 1996). Esses sistemas nesse período, frequentemente, ficam semiestacionados no litoral da região Sudeste,

muitas vezes devido à presença dos Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAN) na Região Nordeste. Desse modo, os sistemas frontais sobre esta região organizam a convecção tropical nas Regiões Central e Norte do Brasil e caracterizam a formação da ZCAS (KODAMA, 1992).

Sistemas frontais de latitudes médias têm um efeito importante sobre a intensidade e a distribuição de convecção profunda sobre a América do Sul (tropical e subtropical) e a localização da ZCAS. Frentes frias ao se moverem para o norte, sobre o sul do Brasil, organizam uma banda de convecção intensa que se estende ao longo da frente, muitas vezes se estende desde as encostas dos Andes em direção ao leste no Atlântico Ocidental. Essa banda de intensa convecção desloca-se para o norte acompanhando o avanço da frente, e pode eventualmente, chegar tão ao norte como na Bacia Amazônica e no Nordeste do Brasil (KOUSKY, 1979; 1985).

Andrade (2005) estudou a climatologia e o comportamento dos sistemas frontais na América do Sul e observou que os sistemas não conseguem penetrar pelo interior da região SE (25-20°S, 53-48°W) com tanta frequência no verão e que, o máximo avanço nessa área ocorre no mês de outubro e o mínimo, ocorre em janeiro e fevereiro com média de 5 sistemas frontais por mês durante o ano.

3.3. Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)

As primeiras pesquisas, na década de 70, os pesquisadores observaram, através de imagens de satélite, a presença de uma banda de nebulosidade convectiva, com direção preferencial de NW-SE. Nos anos 80 e 90, ocorreram os maiores avanços no entendimento deste mecanismo atmosférico causador de chuvas intensas na região tropical. Essas pesquisas constataram que a ZCAS não era apenas uma banda de nebulosidade convectiva (CASARIM e KOUSKY, 1986; KOUSKY, 1988; KODAMA, 1992; QUADRO, 1994).

Oliveira (1986) observou que a interação entre sistemas frontais e convecção tropical, na parte central da Amazônia, ocorre quando esses sistemas frontais

posicionam-se preferencialmente entre 35°S e 20°S, nos meses em que esta convecção é mais intensa no continente, ou seja, no verão austral.

O trabalho de Quadro (1994) caracterizou a ZCAS, principalmente, pela estacionaridade da banda de nebulosidade por vários dias, pelo menos por quatro dias seguidos, com significativa alteração no regime de chuvas das regiões afetadas. O fato da ZCAS ocorrer durante o verão no hemisfério sul, ressalta a importância da convecção tropical e a consequente, liberação de calor latente na região da Amazônia, tanto para a geração como para manutenção desse fenômeno. O autor mostrou ainda que, ao menos uma vez por mês durante o verão austral, ela tende a se manifestar provocando chuvas persistentes e intensas, devido ao seu estacionamento em determinadas regiões do país.

Gan et al. (2004) mostrou que 50% da precipitação anual sobre a América do Sul tropical e subtropical, ocorrem nos meses de verão austral (dezembro a fevereiro) e cerca de 90% durante os meses de outubro a abril. Marengo (2005), analisando a variabilidade temporal e espacial do balanço de umidade na região da bacia amazônica e arredores, mostrou que os períodos de primavera e verão apresentam forte convergência de umidade encontrada ao longo da ZCAS. O sistema de monção da América do Sul tem relação direta com a ZCAS, modulando o ciclo sazonal da precipitação sobre a América do Sul tropical em distintas estações, seca e chuvosa, em uma região compreendida entre o equador e 25°S (QUADRO, 2012; SILVA, 2009).

Durante os meses de verão austral a ZCAS exerce um papel preponderante no regime de chuvas na região onde atua, acarretando altos índices pluviométricos na América do Sul e que devido ao sua orientação (NW-SE), beneficia a precipitação desde o centro sul da Amazônia, passando pelo Centro-Oeste e Sudeste do país, centro-sul da Bahia, norte do Paraná e ainda, estende-se em direção ao Oceano Atlântico sudoeste (Ferreira et al., 2004; Quadro, 2012). Uma das principais consequências da atuação da ZCAS é a ocorrência dos altos índices pluviométricos, principalmente no final da primavera e nos meses de verão (Grimm, 2011). Villela (2003) destaca que pesquisas recentes mostram a ZCAS como responsável pelos piores eventos de cheias e inundações na região Centro-Sul do Brasil.

3.4. Oscilações Intrasazonais de Madden & Julian

Madden e Julian (1972) aplicaram análises espectral e espectral cruzada nos dados diários de radiosondagem, de quase 10 anos, de algumas estações no Pacífico Tropical oeste. Esses autores detectaram e documentaram oscilações com período de 40 a 50 dias, referidas como oscilação de Madden e Julian (OMJ). Essas oscilações caracterizam-se por um deslocamento para leste de uma célula zonal de grande escala, que causa variações na convecção tropical.

Vários outros estudos documentaram uma propagação para leste das anomalias de radiação de onda longa (ROL) relacionadas com as OMJ, estendendo-se desde o oceano Índico até o Pacífico Equatorial Central. Sobre a América do Sul, a OMJ tem sido relacionada às variações na posição e intensidade da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), por sua vez, associadas às flutuações na escala de tempo intrasazonal da circulação atmosférica global da alta troposfera e da convecção tropical (WEICKMANN et al., 1985; CASARIN e KOUSKY, 1986; KAYANO e KOUSKY, 1992; KOUSKY e KAYANO, 1993 e 1994).

3.5. Sistema de Monções da América do Sul (SAMS)

A definição clássica de monção é a reversão sazonal da circulação de larga escala em baixos níveis, devido ao aquecimento diferenciado entre o continente e o oceano. Na média climatológica anual da América do Sul, não se observa este padrão, porém, Zhou e Lau (1998) mostraram que, ao considerar as anomalias mensais de circulação de verão (janeiro) e inverno (julho), a reversão fica evidente e está relacionada ao aquecimento diferenciado.

As montanhas dos Andes e Amazônia desempenham papéis importantes na monção da América do Sul. A cordilheira dos Andes funciona como uma barreira para o fluxo leste dos baixos níveis que é desviada para o sul, ao longo do oeste do Brasil, Bolívia e Paraguai durante o verão austral. O intenso aquecimento favorece a liberação de calor latente e conseqüentemente, a convecção sobre o continente contribui para a formação de um anticiclone na alta troposfera, conhecidos como Alta da Bolívia. O movimento de ar ascendente sobre o continente é compensado pelo afundamento de movimento ao longo dos oceanos Pacífico e Atlântico (Figura

6). Alguns estudos sobre o SAMS descreveram as principais características dos fenômenos que afetam o comportamento desse sistema em diversas escalas de tempo (GAN et al., 2004 e 2009; GRIMM et al., 2005; LIEBMANN e MECHOSO, 2010; MARENGO et al., 2010).

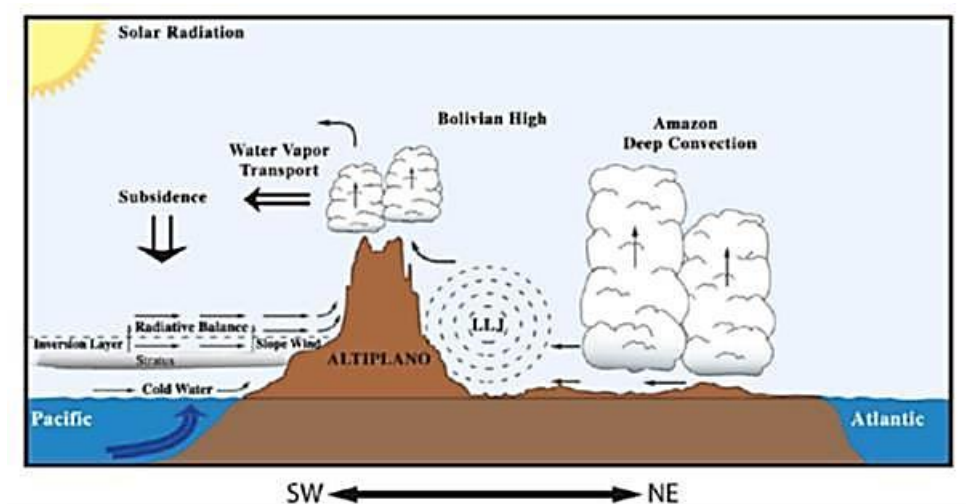


Figura 6 - Esquema dos principais elementos sinóticos de grande escala relacionados com a SAMS, numa seção de toda a América do Sul na direção SW-NE. (Fonte: Programa de Variabilidade Climática e Previsibilidade – CLIVAR. Extraído de Silva e Kousky, 2012).

Silva e Kousky (2012) verificaram que o SAMS exibe considerável variabilidade em escalas de tempo que vão de diurno para interanual. Períodos úmidos mais prolongados do que a média ou condições mais secas do que a média podem acarretar excesso/déficits de precipitação, respectivamente. O desenvolvimento do sistema de monção durante a estação quente na América do Sul, iniciando pela primavera austral, é caracterizado por uma rápida mudança ao sul da região com intensa convecção do noroeste da América do Sul para o sul da Bacia Amazônica e para o altiplano brasileiro (Kousky, 1988; Horel et al., 1989; Liebmann & Marengo, 2001; Nogues-Paegle et al., 2002). Em setembro ocorre aumento da convecção profunda a oeste Bacia Amazônica e, posteriormente, se expande em direção ao sul e sudeste, atingindo o centro do Brasil em outubro e a região Sudeste em novembro. Durante a primavera um anticiclone de ar superior (Alta da Bolívia) se estabelece próximo a 15°S e 65°W, a partir daí se desenvolvem as características para a fase madura do sistema de monção. Cavados nos altos níveis favorecem condições secas em áreas oceânicas a leste e oeste da Alta da Bolívia. A convecção profunda

sobre o Brasil central e a alta da Bolívia alcançam seus picos de intensidade no mês de dezembro-março. Em seguida, deslocam-se para o norte e enfraquecem durante abril e maio, já que a monção de verão os enfraquece. Dessa forma, se verifica uma transição para condições mais secas na região subtropical da América do Sul.

O SAMS e Zona de Convergência do Atlântico Sul quando associados reproduzem uma característica de precipitação anômala sobre a América do Sul, com tendência para um padrão de dipolo ocorrer, com anomalias de um sinal localizado na região do Sudeste do Brasil, a posição climatológica da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e anomalias do outro sinal situado sobre o sudeste da América do Sul (sul do Brasil, Uruguai, Paraguai e nordeste da Argentina) (Casarin e Kousky, 1986; Kousky e Cavalcanti, 1988; Kayano e Kousky, 1996; Nogues-Paegle e Mo, 1997; Herdies et al., 2002; Nogues-Paegle et al., 2002; Silva e Berbery, 2006; Marengo et al., 2010). Este padrão de dipolo parece estar parcialmente relacionado com a eliminação progressiva das ondas sinóticas com a fase do OMJ (CASARIN e KOUSKY, 1986; NOGUES-PAEGLE et al., 2002; LIEBMANN et al., 2004; CARVALHO et al., 2003; CUNNINGHAM e CAVALCANTI, 2006).

3.6. Sistemas Atmosféricos que Influenciam no Padrão de Circulação Regional do Clima de Minas Gerais

Prates (1994) indica que nos anos em que a Alta da Bolívia se encontra mais a leste, em torno de 50° W, verifica-se a ocorrência de verões chuvosos em Minas Gerais. Em anos nos quais ela se posiciona mais a oeste, predomina a ação do Cavado nos baixos níveis sobre o Nordeste brasileiro e o Brasil Central, observando-se verões anormalmente secos na região de MG (VIANELLO e MAIA, 1986).

Abreu (1998) fez uma descrição da climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais e constatou que, a ZCAS é um dos principais fenômenos responsáveis por eventos de precipitação no estado no período do verão. A autora verificou ainda que durante um episódio de ZCAS chove continuamente e a temperatura tende a cair. As consequências socioambientais da atuação da ZCAS no estado são sentidas nas constantes inundações provocadas pelo transbordamento dos rios nas cidades,

pelos deslizamentos em assentamentos urbanos inadequados, observados principalmente nas áreas urbanas. Esses episódios comumente resultam em casos de calamidades naturais com grandes prejuízos econômicos e até perdas de vidas humanas.

A formação, o posicionamento e a intensidade da ZCAS são influenciados por uma combinação de sistemas atmosféricos atuantes no continente sul americano (Alta da Bolívia, a convecção da Amazônia e os sistemas frontais). Cupolillo (2008) observou que este sistema durante a estação chuvosa de Minas Gerais pode ficar estacionário sobre os paralelos 19º e 20º S, provocando catástrofes em muitos municípios do estado, principalmente naqueles que se situam sob sua área de atuação.

3.7. A Variabilidade Climática no Brasil

A discussão será travada no que concerne à importância da variabilidade climática com seus aspectos mais gerais, sobretudo em termos dos impactos causados na região Sudeste e, especialmente, no tocante ao clima de Minas Gerais.

A variabilidade interanual é um importante modulador da sinótica e da variabilidade intrasazonal na América do Sul. Os impactos decorrentes desta variabilidade na frequência de eventos extremos de chuva e, os possíveis efeitos de mudanças climáticas antropogênicas sobre essa variabilidade são atualmente discutidos.

As oscilações intrasazonais da precipitação total anual são principalmente devido à variabilidade no outono e no verão austral. Enquanto o outono é a estação das chuvas dominante na parte norte do continente, onde a variabilidade é mais alta (especialmente no nordeste), o verão, é a estação das chuvas na maior parte do continente, graças a um regime de monções de verão. Na época das monções, a variabilidade mais forte ocorre perto Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que é uma das características mais importantes do sistema de monção sul-americano. A fonte mais importante de variabilidade é o ENOS (El Niño/Oscilação Sul), que atua sobre todas as estações, com uma grande contribuição também no verão (GRIMM, 2011).

3.8. O ENOS e sua Influência sobre o Sudeste e Minas Gerais

O fenômeno El Niño surge do aquecimento acima do normal da Temperatura Superficial do Mar (TSM) na região do Pacífico Equatorial Central (PEC) e ocasiona o enfraquecimento dos ventos alísios de L para W na região equatorial, provocando mudanças na circulação geral da terra, gerando impactos em escala global (secas e inundações). A La Niña refere-se ao oposto sendo, portanto, o resfriamento acima do normal das águas do PEC que resulta no fortalecimento dos ventos alísios e também, provocam mudanças na circulação geral do planeta, com consequências relativamente opostas as do El Niño. Estes aquecimentos/resfriamentos anômalos das TSM do Pacífico Equatorial Central podem ocorrer em quatro áreas diferentes do oceano e são denominados de Niños 1, 2, 3.4 e 4, (Figura 7).

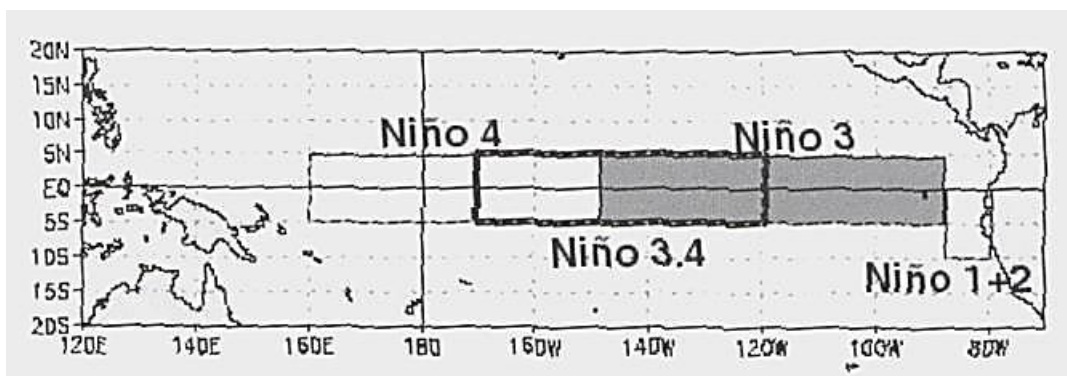


Figura 7 - Áreas do oceano Pacífico Tropical de atuação dos Niños 1, 2, 3.4 e 4 (Fonte: Sampaio, 1999).

Mossman (1924) percebeu a relação entre a Oscilação Sul e a precipitação sobre o centro da América do Sul e mostrou que o nível do rio Paraná aumenta durante a fase negativa (quente) da Oscilação Sul (El Niño). Outros estudos subsequentes, consistentes com os resultados desse autor, demonstraram que ocorrem mais eventos úmidos ao longo do sudeste da América do Sul durante o El Niño (Streten, 1983; Ropelewski & Halpert, 1987, 1989; Grimm et al., 1998). A variabilidade interanual e as fases do ciclo do ENOS de moderada a forte e os episódios de La Niña, têm impactos significativos sobre o sistema de monção da América do Sul e o padrão de precipitação sobre a região Tropical da América do Sul (HASTENRATH &

HELLER, 1977; ROPELEWSKI & HALPERT, 1987; ACEITUNO, 1988; KOUSKY & KAYANO, 1994 e SILVA et al., 2007).

Kousky e Cavalcanti (1984) verificaram que os eventos de El Niño de intensidade forte são claramente relacionados com secas fortes em certas regiões dos trópicos e subtropicais e, excessiva precipitação em outras regiões, isto ocorre com certa regularidade, geralmente, em intervalos de quatro a sete anos. No Brasil em diferentes regiões e estações do ano, se observam anomalias positivas de precipitação nos estados da região Sul durante o inverno austral (Ropelewski e Halpert, 1989). Os eventos do El Niño, observados nos anos 82/83, 97/98 e 2015 afetaram grande parte da América do Sul e foram considerados entre os mais intensos dos últimos 50 anos.

O padrão espacial predominante no ciclo anual e da variabilidade interanual das TSM e ventos à superfície sobre o Atlântico apresenta uma estrutura norte-sul mais pronunciada do que a estrutura leste-oeste. A estrutura norte-sul das anomalias de TSM no Atlântico é conhecida como Dipolo do Atlântico Tropical. As anomalias que ocorrem sobre a América do Sul são associadas principalmente ao deslocamento da célula de Walker, pelo fortalecimento do jato subtropical e de um possível trem de ondas que se estende do Pacífico até o sul da América do Sul (CAVALCANTI, 1996).

Grimm (2005) sugere que as alterações de temperatura da superfície do Oceano Pacífico durante episódios El Niño/La Niña são acompanhadas de alterações climáticas globais e que existem variações dos fluxos de calor sensível e de vapor d'água na superfície do oceano Pacífico Equatorial para a atmosfera. Isso provoca mudanças na circulação atmosférica e na precipitação em escala global. As mudanças climáticas também podem afetar os modos de variabilidade natural de precipitação sazonal associado ao ENOS. Grimm (2011) afirma que o impacto do ENOS sobre a frequência de eventos extremos de precipitação também é importante em todas as estações, sendo geralmente, mais significativo do que a influência sobre os totais pluviométricos sazonais.

As fases extremas do ciclo ENOS têm o seu pico durante o verão austral. Silva et al. (2007) analisaram os anos chuvosos entre julho-junho para mostrar que o ENOS influencia o Brasil. O padrão de precipitação anômala durante os episódios de El Niño apresenta considerável variabilidade caso-a-caso, especialmente na magnitude de início que são os episódios mais fortes do El Niño (82/83, 91/92 e 97/98) com grandes déficits de precipitação sobre a Bacia Amazônica. Os eventos mais fracos tendem a ter fracas anomalias de precipitação e a maioria dos eventos apresenta excesso de precipitação no Sul do Brasil, região que ocasionalmente experimenta inundações desastrosas relacionadas a fortes episódios do El Niño, como o que foi observado em 82-83 (KOUSKY et al., 1984).

Os padrões de precipitação de anomalias durante os episódios de La Niña observados por Silva et al. (2007), mostram mais consistência evento-a-evento em relação aos de El Niño. A precipitação acima da média foi evidente, sobre a parte norte do Brasil, em todos os seis episódios de La Niña. Existe também uma tendência para condições mais úmidas do que a média de quatro de seis casos que ocorreram ao longo do nordeste do Brasil. O padrão composto para as anomalias de precipitação nos anos chuvosos durante episódios de La Niña não refletiu clareza para o Sul do Brasil, que é uma característica associada a La Niña em determinadas épocas do ano. Esses resultados concordam com estudos anteriores (ROPELEWSKI e HALPERT, 1989; GRIMM et al., 1998).

Em Minas Gerais o El Niño provoca invernos quentes, devido à intensa advecção de ar quente de origem continental, ocasionado pelo sistema de bloqueio aos sistemas frontais no Sul do país, verificados nos anos de atuação do fenômeno. Existem fortes indícios de que o El Niño pode atuar no clima de Minas Gerais e que também, afeta a climatologia do estado, particularmente no semiárido mineiro de acordo com Vianello e Maia (1986), Cupolillo e Abreu (1998). No entanto, esses autores são unânimes em afirmar que o conhecimento e os esclarecimentos dos efeitos e da dinâmica desse fenômeno ainda são reduzidos.

As regiões dos vales do Jequitinhonha e Mucuri, nordeste mineiro, sofreram intensa estiagem durante a atuação do El Niño na estação chuvosa de 97/98. Essa situação

contrasta com a estiagem menos intensa em 96/97, período de atuação da La Niña. Alguns estudos sugerem que o fenômeno El Niño inibe a convecção associada à estação chuvosa no nordeste do estado, agravando a semiaridez e estendendo-a para um período de nove a dez meses, o que equivale às condições do sertão nordestino (CUPOLILLO e ABREU, 1998; LÚCIO et al., 1998).

Virji (1981) ao estudar a circulação troposférica de verão sobre a América do Sul, com base nos dados de velocidade das nuvens, mostrou que os movimentos ascendentes sobre a maior parte da Bacia do rio São Francisco são compensados por movimentos descendentes sobre o nordeste do Brasil, inibindo, dessa maneira, a formação de nuvens e, conseqüentemente, a precipitação sobre aquela região. Isto significa que o próprio clima de Minas Gerais pode ser influenciado também pelo El Niño, segundo Vianello e Maia (1986), uma vez que este fenômeno intensifica a circulação de Walker no Pacífico Sul, o que implica em aumento da subsidência do ar no Nordeste do Brasil, causando uma estiagem mais intensa em algumas áreas de Minas Gerais.

Abreu e Moura (1996) investigaram a possível relação das anomalias de precipitação ser uma resposta da atmosfera às anomalias no oceano Atlântico Subtropical Sul, ao longo das costas Sul e Sudeste do Brasil, durante as intensas chuvas verificadas nos verões de 95 e 96 (dezembro a fevereiro) em ambas as regiões. Utilizando o modelo de circulação geral da atmosfera, os autores concluíram que todos os oceanos são importantes na determinação dos padrões de precipitação, verificados durante o verão austral nas regiões Sul e Sudeste do Brasil e que, seus efeitos apresentam características distintas, porém, o Atlântico parece influenciar mais diretamente a região Sudeste.

Reis e Ladeia (1999) argumentam que durante os eventos de La Niña, as precipitações foram mais intensas nos meses de outubro e novembro, caindo para abaixo da média histórica nos meses de dezembro e fevereiro, voltando a ficar acima da média no mês de março, quando foram observados dados de vazões médias no município de Três Marias. Minuzzi (2003) conclui que a La Niña caracteriza chuvas abaixo da média em quase todo o estado mineiro, sendo que

metade do setor nordeste é notada durante o mês de janeiro. Em eventos de El Niño ocorre uma irregularidade na distribuição de chuvas, ficando abaixo da média na metade nordeste e acima da média na metade sudoeste do Estado. O autor também sugere que eventos do ENOS afetam o início da estação chuvosa em Minas Gerais.

3.9. Os Eventos de Precipitação Extrema e os Impactos sobre a Leptospirose

A relação mais direta entre os sistemas atmosféricos que respondem pela precipitação no SE do país foi discutida na seção 1.3 e aqui, de um modo geral, serão abordados os estudos e pesquisas que demonstram e evidenciam como ocorrem os processos de inundações decorrentes dos eventos de precipitação intensa.

Diversos autores verificaram que os processos de escalas menores que a sinótica, são determinantes na intensidade e na distribuição espacial das chuvas. Sistemas atmosféricos de mesoescala podem ser responsáveis por eventos de chuvas intensas e estarem associados com características da escala sinótica e estes por sua vez, podem ser modulados por variações Intrasazonais e/ou interanuais dos padrões de larga escala (MADDOX et al., 1979; MADDOX e DOSWELL III, 1982; GRIMM e SILVA DIAS, 1995; HOERLING e KUMAR, 2000; GANDU e SILVA DIAS, 1998; CARVALHO et al., 2001; LIMA, 2010).

Maia (1986) e Ferreira (1996) sugerem que a atuação de frentes frias, linhas de instabilidade, cavados (centros de baixa pressão), ventos úmidos do oceano ou da região amazônica e a influência do relevo como sendo os principais sistemas desencadeadores dos extremos de chuvas.

Os eventos de elevada precipitação em um curto intervalo de tempo são a principal fonte de inundações nos centros urbanos, em razão principalmente da impermeabilização do solo que acelera o processo de escoamento superficial, inundando as áreas mais baixas (Paula, 2005). Notoriamente, se observa que o número de pessoas infectadas pela leptospirose se eleva nos meses de verão, em

virtude do aumento dos níveis de precipitação e de sua ocorrência num menor intervalo de tempo, favorecendo assim as inundações. Conseqüentemente, tais inundações correspondem ao ambiente propício à transmissão da leptospirose.

Segundo Gonçalves (1992) chuvas iguais ou superiores a 80 mm em 24 horas, são consideradas críticas para a ocorrência de inundações, pois o escoamento e a absorção pelo solo se tornam praticamente impossível de acontecer, devido ao curto período de tempo e o elevado volume de água. Entretanto, precipitações de totais menores podem causar inundações, dependendo da duração da mesma, e das condições de saturação e impermeabilização do solo. Em seus estudos, esse autor constatou que os meses que apresentaram o maior número de casos da doença foram fevereiro e março, coincidindo com os meses das mais graves inundações.

Sant'Anna Neto (2010) aponta que na relação entre variação mensal da precipitação e a variação do número de casos da doença, se verifica em algumas situações, a elevada quantidade de casos registrados num determinado mês. Essa elevação geralmente está associada aos índices pluviométricos do mês anterior, em decorrência do período de incubação da doença (7 a 14 dias em média, podendo chegar a 21 dias). Complementando as observações desse autor, é importante ressaltar que as condições de saturação e impermeabilização do solo irão refletir no "lag" de atraso verificado entre o instante da contaminação, propriamente dita, e a manifestação dos primeiros sintomas da doença. Outro aspecto que auxilia a explicação da elevada incidência da patologia em fevereiro e, principalmente, em março, especialmente no SE, é o fato de que tanto janeiro como fevereiro apresentaram elevada precipitação mensal, e vários dias consecutivos com chuva de intensidade moderada, certamente mantendo o ambiente úmido suficiente para permitir a disseminação da bactéria.

Diferentes estudos como o de Barcellos e Sabrozza (2001), Pellegrini (2002) e Paula (2005), demonstram íntima associação do período chuvoso e a ocorrência de extremos no espaço urbano, principalmente aqueles que provocam inundações com o aumento na incidência de casos de Leptospirose.

Capítulo 4

Caracterização da Área Investigada

4. O Modelado da Superfície do Território Mineiro

Minas Gerais apresenta relevo que difere das outras regiões do país devido à diversidade de seus quadros morfológicos. Tal diversidade é resultante da complexa atividade tectônica atuante nas rochas constituintes do escudo brasileiro a partir do Mesozoico, arqueando, falhando e fraturando tais rochas. São raros os estudos na literatura que abordam exclusivamente o conjunto do relevo do estado de Minas Gerais. Uma descrição sintética realizada por Saadi (1991) relata que o surgimento da complexa estruturação morfológica do estado esteve vinculado à evolução morfotectônica de quatro províncias que compõem o arcabouço estrutural do Brasil.

4.1. Morfologia

O trabalho voltado para o levantamento da geodiversidade em Minas Gerais (Geodiversidade do Estado de Minas Gerais - CPRM, 2010), afirma que a compartimentação do território mineiro se dá em cinco grandes domínios geomorfológicos, definidos segundo o processo atuante (agradação ou denudação) e nos litotipos presentes (Figura 8). Esses grandes domínios são segmentados em 17 padrões de relevo, os quais se encontram representados na Figura 9.

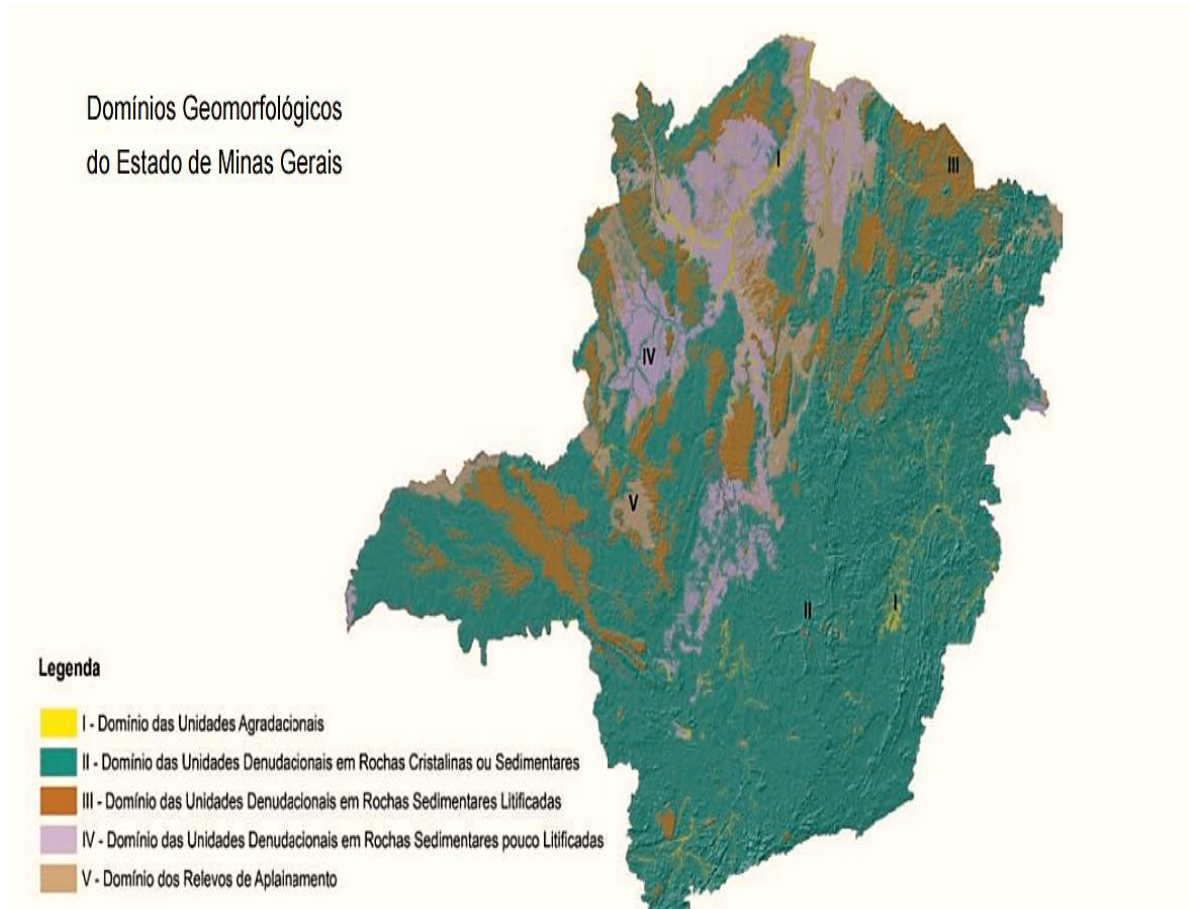


Figura 8 - Compartimentação do estado de Minas Gerais em domínios geomorfológicos (Fonte: Geodiversidade do Estado de Minas Gerais - CPRM, 2010).

Padrões de Relevo do Estado de Minas Gerais

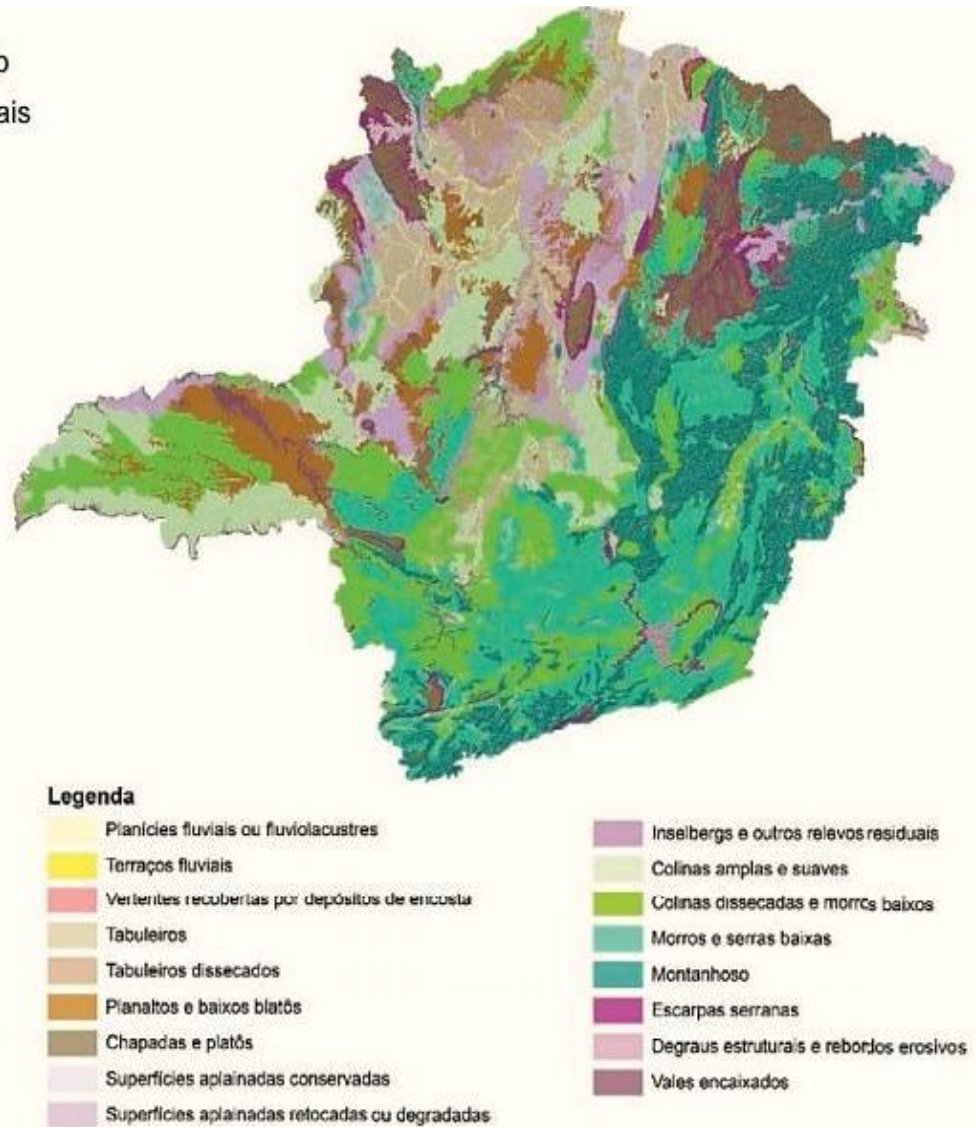


Figura 9 - Mapa de padrões de relevo do estado de Minas Gerais (Fonte: Geodiversidade do Estado de Minas Gerais - CPRM, 2010).

A seguir é apresentada e descrita de forma sucinta, a caracterização de cada um dos domínios geomorfológicos presentes no território mineiro (Geodiversidade do Estado de Minas Gerais, 2010), bem como a subdivisão de cada um deles em padrões de relevo (Figuras 8 e 9).

I - Domínio das unidades agradacionais é composto por três padrões de relevo, que correspondem às zonas de acumulação atual e subatual, São eles: as planícies fluviais; terraços fluviais; vertentes recobertas por depósitos de encostas; tabuleiros; tabuleiros dissecados; planaltos e baixos platôs; chapadas e platôs.

II - Domínio dos relevos de aplainamento é composto por três padrões de relevo, que correspondem a relevos de aplainamento: superfícies aplainadas conservadas; superfícies aplainadas retocadas ou degradadas; inselbergs e outros relevos residuais; colinas amplas e suaves.

III - Domínio de colinas dissecadas e de morros baixos - Constituem colinas dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados ou aguçados.

IV - Domínio de morros e de serras baixas - Correspondem a morros convexo-côncavos dissecados com topos arredondados ou aguçados. Também se inserem nessa unidade morros de topo tabular (característico das chapadas intensamente dissecadas) e de topos planos.

V - Domínio montanhoso - Correspondem a alinhamentos serranos, maciços montanhosos, front de cuevas e hogback. São constituídos por escarpas serranas e vales encaixados.

4.2. A Climatologia da Precipitação em Minas Gerais

Nimer (1989) afirma que o sudeste do Brasil, devido ao posicionamento latitudinal, caracteriza-se por ser uma região de transição entre os climas quentes de latitudes baixas e os climas mesotérmicos de tipo temperado das latitudes médias. A dinâmica atmosférica atuante em Minas Gerais é formada por sistemas de mesoescala que atuam regionalmente e que também são influenciados pela larga escala que atua no Brasil.

O clima de Minas Gerais é caracterizado por uma sazonalidade marcada por duas estações distintas e bem definida. O verão chuvoso e quente e, um inverno seco e ameno, com duas estações de transição: o outono e a primavera. Durante o inverno predominam a atuação das frentes frias e do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) que é um sistema de larga escala que se origina da circulação geral da atmosfera, centrado no Atlântico Sul. Nesta época do ano, ele atua com a circulação

continental antes do sistema frontal adentrar o estado, após a passagem da Frente Polar Atlântica – FPA a circulação predominante passa a ser do quadrante sul-leste. Essa frente alcança o estado com pouca atividade convectiva (chuva), devido ao baixo teor de umidade no ar. A massa de ar na retaguarda desses sistemas frontais atinge o estado, provocando queda de temperatura (Nimer, 1989; Abreu, 1998).

No verão, chuvas persistentes ocorrem no estado de Minas Gerais e são provenientes da associação entre os sistemas convectivos tropicais e os sistemas frontais que se estacionam no centro e sudeste do país, que originam a ZCAS. Segundo Abreu (1998) a influência da ZCAS no estado de Minas Gerais são conhecidas como “invernadas”, duram de 4 a 7 dias e provocam grandes prejuízos à população, acarretando inundações nos centros urbanos, quedas de barreiras em estradas, desmoronamento de barrancos e casas em regiões urbanas inapropriadas à habitação, entre outros.

Lucas e Abreu (2004) estudaram os eventos de chuva cuja ocorrência esteve relacionada à observação de ventos predominantes de Norte/Oeste e correlacionou-os com variáveis atmosféricas de mesoescala, como linhas de instabilidades e zona de convergência do Atlântico Sul. Esses autores constataram que a estação chuvosa de Belo Horizonte concentra em torno de 80% dos casos de chuva que ocorrem ao longo do ano, sendo novembro, dezembro e janeiro o trimestre mais chuvoso, onde ocorrem chuvas fortes a extremamente fortes que tendem a apresentar um percentual maior quando associadas a ventos de N/NW/W e SW, o que sugere fenômenos de escala sinótica como a ZCAS, que tem direção preferencial de NW-SE.

A seguir é apresentada uma análise da climatologia da precipitação com base na média climatológica (anual e mensal), obtida a partir das normais climatológicas do INMET no período de 1961-1990. Esta análise foi realizada a fim de entender e explicar o padrão climatológico da precipitação anual e mensal no estado de Minas Gerais. E com base nessa climatologia, foi possível comparar a variação da série histórica dos dados do INMET, com a série climatológica da coleção de dados do CPC/NCEP, a partir dos quais foram gerados os mapas das anomalias mensais da

precipitação, nos quais os resultados mais relevantes se encontram em Dutra et al. (2015).

A climatologia do total anual da precipitação em Minas Gerais apresenta muitas particularidades, principalmente devido às variadas feições geográficas e também, devido à posição geográfica em que está localizado o estado, sobretudo, por sua continentalidade. Devido a essas características e também, aos sistemas sinóticos atuantes como já descritos anteriormente (seção 1.3.1), conferem a Minas Gerais uma grande variabilidade na distribuição da pluviometria, área demarcada pela elipse na Figura 10, onde se observa uma concentração dos maiores valores de precipitação anual (1650 mm), localizados ao Sul do estado e, esses totais vão diminuindo gradativamente à medida que se aproxima para o setor norte do estado, onde se observam os menores totais anuais (650 mm).

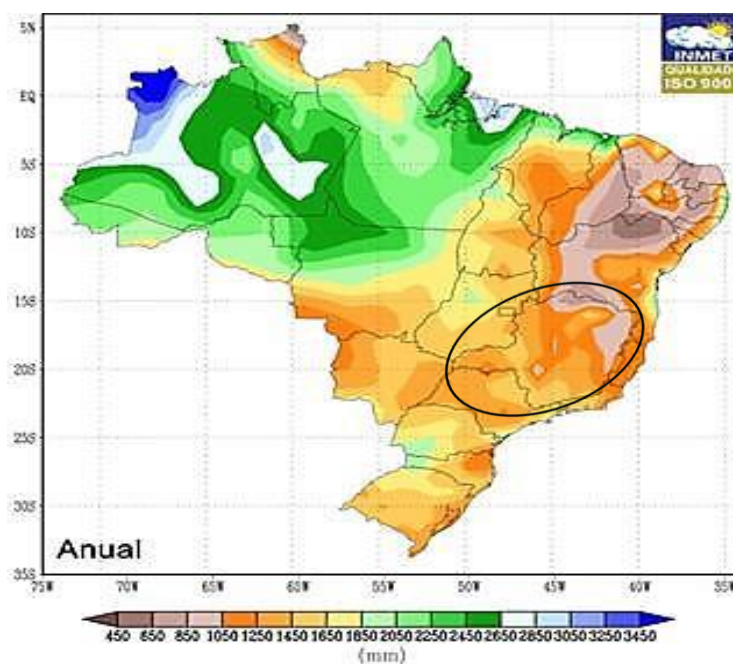


Figura 10 – Climatologia da precipitação total anual no Brasil, estado de Minas Gerais delimitado pela elipse (Fonte: INMET).

A análise da climatologia da precipitação é apresentada em função dos meses ao longo do ano, com características bem próprias entre o período chuvoso e seco do estado de Minas Gerais (área delimitada pela elipse na Figura 11).

O primeiro trimestre do ano: janeiro-fevereiro-março (Figura 11) é considerado chuvoso em todo o estado e os totais mensais variam de 100 a 300 mm em janeiro,

de 80 a 260 mm em fevereiro e de 60 a 220 mm em março. Quanto à distribuição espacial da precipitação é relevante comentar que, durante o mês de janeiro ocorrem dois núcleos de máximos valores de precipitação localizados a sudeste e oeste do estado (aproximadamente 300 mm). Enquanto, que nos meses de fevereiro e março, a distribuição acompanha o padrão observado para a climatologia anual, discutidos anteriormente, em que os maiores valores se apresentam ao sul do estado e vão decrescendo, em termos absolutos, à medida que se avança para o norte do estado, onde se observam os menores totais de precipitação.

O segundo trimestre: abril-maio-junho se caracteriza como um período de transição, pois se observa que as precipitações apresentam valores totais bem inferiores ao trimestre anterior (janeiro-fevereiro-março) e vão mês-a-mês decrescendo ao longo do trimestre (Figura 11). Com os totais mensais de abril variando entre 30 a 180 mm, é importante comentar que no noroeste de Minas Gerais se verifica grande variabilidade da precipitação, ou seja; é nesta área que se verifica o mínimo e o máximo valor da precipitação. Durante o mês de maio, os totais variam de 0 a 80 mm com os maiores valores verificados no centro-sul do estado. E em junho, a precipitação mensal varia de 0 a 60 mm, com os maiores totais de precipitação ocorrendo no extremo sul e nordeste de Minas Gerais. Enquanto que na maior parte do estado os valores oscilam entre 0 e 30 mm, evidenciando assim o início do período seco.

No terceiro trimestre: julho-agosto-setembro se observa que julho e agosto se caracterizam por serem os meses mais secos do ano, com os valores totais das precipitações variando entre 0 a 60 mm em ambos os meses, sendo que os maiores valores de precipitação ocorrem no extremo sul e nordeste do estado, enquanto que nas demais regiões do estado chovem no máximo 40 mm, em ambos os meses (Figura 11). O mês de setembro marca um período de transição entre o final do período seco e início do período úmido (outubro-novembro-dezembro). Os totais de precipitação no mês de setembro variam entre 0 a 100 mm, sendo que os maiores valores de precipitação são observados ao sul e decrescem à medida que se avança para o norte do estado.

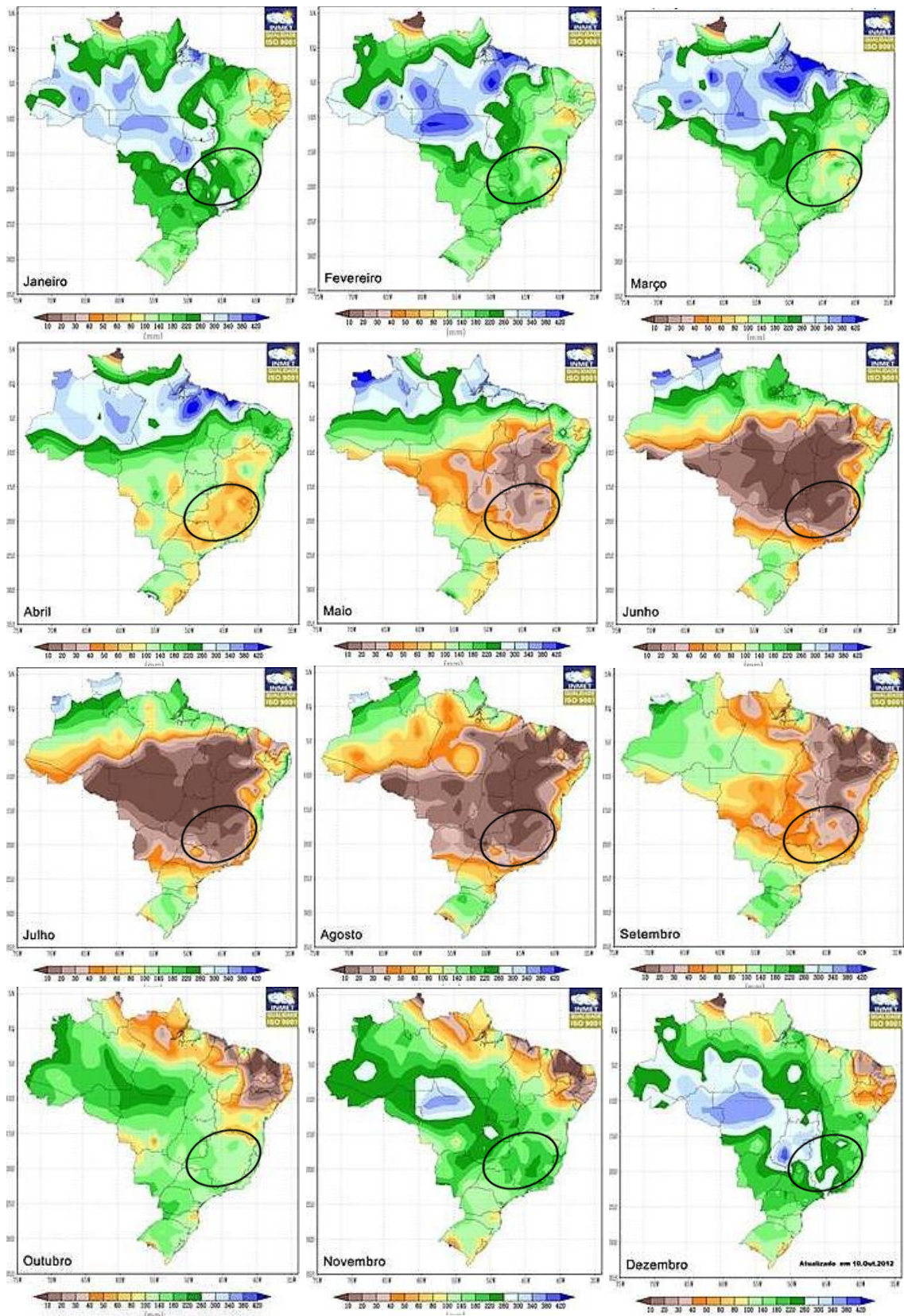


Figura 11 - Climatologia mensal da precipitação total no Brasil, estado de Minas Gerais delimitado pela elipse (Fonte: INMET).

O quarto trimestre: outubro-novembro-dezembro é considerado o período mais chuvoso do ano, em todo o estado (Figura 11). Os totais mensais variam de 50 a 180 mm em outubro, de 100 a 260 mm em novembro e, de 140 a 340 mm em dezembro. Quanto à distribuição espacial da precipitação é relevante comentar que durante o mês de outubro os maiores totais ocorrem numa faixa localizada no centro-sul do estado, em novembro eles ocorrem na região mais central do estado e em dezembro, os maiores valores são observados numa faixa que vai desde o setor noroeste até o sudeste do estado, passando pelo centro-sul e triângulo mineiro, caracterizando este mês como o mais úmido do ano.

4.3. Hidrografia

O estado de Minas Gerais possui uma rede extensa de quatorze bacias hidrográficas, conhecida como os rios: São Francisco, Grande, Doce, Paranaíba, Jequitinhonha e Paraíba do Sul, como principais e, outras bacias como as dos rios Mucuri, Pardo, São Mateus, Itanhaém, Jucuruçu, Buranhém, Camanducaia e Itabapoana de menor dimensão e importância. As regiões sul e sudoeste do estado se encontram separadas pelos divisores das Serras do Espinhaço e Mantiqueira, onde ocorrem altos índices pluviométricos e se localizam as cabeceiras dos principais formadores dos rios Doce, Grande, Paranaíba e Paraíba do Sul que são relevantes para a economia mineira e nacional, em razão das diversas utilizações, principalmente no setor de geração de energia elétrica. Vertendo-se em direção ao oceano Atlântico, encontram-se as bacias do Pardo, Jequitinhonha, Mucuri, Doce e Paraíba do Sul (CUPULILLO, 2008).

4.4. Identificação das Áreas Inundáveis em Minas Gerais

As análises iniciais consistiram em levantamentos prévios sobre o comportamento das variáveis: que diretamente estiveram relacionadas com a precipitação e a leptospirose em Minas Gerais. As variáveis consideradas relevantes na produção da doença durante o trimestre chuvoso e que favoreceram diretamente as situações de inundações/alagamentos são discutidas e apresentadas a seguir.

Inicialmente foram levantadas informações e dados para identificar as áreas vulneráveis à ocorrência de inundações no estado de Minas Gerais. Em seguida foram feitas análises a partir da compilação dessas informações.

A Secretaria Estadual do Meio Ambiente Desenvolvimento Sustentável - SEMAD de Minas Gerais elaborou um Atlas de Vulnerabilidade as Inundações no Estado de Minas Gerais (2013) desenvolvido para ser uma ferramenta de planejamento quanto à prevenção de inundações, a fim de facilitar ações no sentido de minimizar os efeitos negativos decorrentes das inundações sobre áreas rurais e urbanas.

Segundo a SEMAD e conforme descrito no Atlas de Vulnerabilidade as Inundações do Estado de Minas Gerais (2013), o estado mineiro possui área de 586.522,122 km², que corresponde a 7% da área total do país e, devido a sua localização geográfica, apresenta como característica a continentalidade que tem importância sobre o tipo de relevo, variabilidade de biomas e fitofisionomias e ainda, sobre os padrões atmosféricos atuantes que resultam em diferentes regimes de chuvas no estado. A conjunção dessas variáveis e a característica das chuvas incidentes na região são responsáveis pela formação de importantes bacias hidrográficas federais que apresentam suas nascentes em Minas Gerais, tais como: o Rio São Francisco, Rio Paraná (Rio Grande), Atlântico Leste (Rio Jequitinhonha) e Atlântico Sudeste (Rio Doce).

Em decorrência do clima, do relevo e a forma de ocupação de várias regiões mineiras, verifica-se frequentes ocorrências de inundações nos períodos chuvosos com impactos sociais e ambientais relevantes. Algumas destas situações ocorreram nos municípios de: Camanducaia, Belo Horizonte, Guidoal e Além Paraíba apresentadas na Figura 12 - (a), (b), (c) e (d), respectivamente.



Figura 12 - (a) Alagamento em Camanducaia (Março/2012) e (b) Ribeirão Arrudas – Belo Horizonte (Janeiro/2009), (c) Enchente em Guidoal (Janeiro/2012) e (d) Além Paraíba – 2012. (Extraído do Atlas de Vulnerabilidade as Inundações no Estado de Minas Gerais, 2013).

De acordo com o Plano de Emergência Pluviométrica 2012/2013 da Defesa Civil do estado, no período chuvoso 2011/2012 houve um aumento de 27% no número de municípios mineiros atingidos pelos desastres provocados pelas chuvas em relação à média histórica dos últimos 10 anos (Tabela 1), que foi de 215 municípios no período (Atlas de Vulnerabilidade as Inundações no estado de Minas Gerais, 2013), dos quais 186 municípios foram em janeiro/2012 atingidos por desastres ocasionados pelas chuvas a exemplo de Guidoal e Além Paraíba (Figura 12).

ANO	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12
MUNICÍPIOS ATINGIDOS	239	261	218	234	152	316	121	276	120	216	273

Tabela 1 - Número de municípios atingidos pelos desastres provocados pelas chuvas no estado mineiro entre 2001 a 2012. (Fonte: CEDEC, Extraído do Atlas de Vulnerabilidade às Inundações no Estado de Minas Gerais, 2013).

Os municípios atingidos pelas chuvas no período 2007/2012, apresentaram inúmeros danos humanos, materiais, ambientais, prejuízos econômicos e sociais, que foram responsáveis por um prejuízo total de R\$1.632.192.728,85 (um bilhão, seiscentos e trinta e dois milhões, cento e noventa e dois mil, setecentos e vinte e oito reais e oitenta e cinco centavos), como pode ser visto na Tabela 2.

ANO	DANOS HUMANOS					DANOS MATERIAIS (R\$)	DANOS AMBIENTAIS (R\$)	PREJUÍZOS ECONÔMICOS (R\$)	PREJUÍZOS SOCIAIS (R\$)	VALOR AVADAN TOTAL (R\$)
	Óbitos	Feridos	Desabrigados	Desalojados	Afetados					
2007/08	20	45	4.345	1.875	72.979	37.010.223,00	3.601.560,00	4.278.800,00	4.018.205,00	48.908.788,00
2008/09	44	482	11.630	113.630	1.174.958	441.217.552,00	70.051.760,00	172.759.353,00	139.967.495,00	823.996.160,00
2009/10	20	68	2.406	11.206	861.083	58.971.914,00	3.088.000,00	18.260.884,00	49.496.280,00	129.817.078,00
2010/11	23	439	4.303	37.876	1.568.696	304.761.771,00	165.234.635,00	323.624.284,00	70.019.506,12	876.579.837,02
2011/12	20	346	9.594	106.618	3.625.962	1.033.326.773,49	122.049.700,00	208.468.138,00	268.348.117,36	1.632.192.728,85

Tabela 2 - Números de danos e custos dos prejuízos causados pelas chuvas no Estado de mineiro entre 2001 a 2012. (Fonte: CEDEC, Extraído do Atlas de Vulnerabilidade às Inundações no Estado de Minas Gerais, 2013).

O estado de Minas Gerais conta com uma das maiores malhas hidrográficas do país, possuindo mais de 166 corpos de água inundáveis em 36 Unidades de Planejamento de Gestão de Recursos Hídricos (UPGRHs). A SEMAD identificou os trechos dos corpos de água, quanto ao grau de vulnerabilidade à inundação, a partir da interseção dos dados históricos de frequência de ocorrência e o impacto ocasionado pelo evento, de acordo com a classificação estabelecida pela Agência Nacional de Águas – ANA. Os corpos d'água são subdivididos em trechos pela ottocodificação e o aspecto da vulnerabilidade foi definido por trecho. Informações relativas à frequência, impacto e vulnerabilidade a inundação das UPGRH's, foram subdivididas em seguimentos, entre uma foz e sua confluência ou, segmento entre uma confluência e sua nascente, conforme é evidenciado na Figura 13.

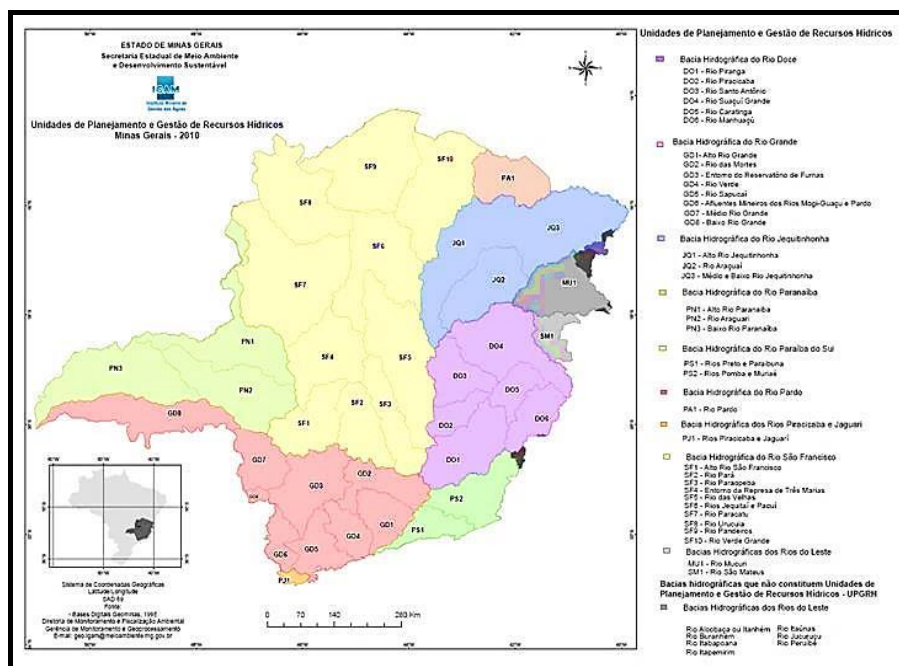


Figura 13 - Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Minas Gerais – UPGRH's - FONTE: IGAM (Extraído do Atlas de Vulnerabilidade a Inundações no Estado de Minas Gerais, 2013).

Para realização do mapeamento foram levantados junto à Coordenadoria Estadual de Defesa Civil – CEDEC, dados sobre os municípios que comunicaram eventos adversos relacionados com as chuvas, através de Notificação Preliminar de Desastre - NOPRED do período chuvoso 2007/2008 a 2010/2011. A partir destes dados foi elaborado um mapa destacando os municípios que sofreram inundação, enchentes ou ambos. Foi estabelecido um grau qualitativo para a frequência de ocorrência das inundações de acordo com os impactos gerados e consequentemente, foi estimado o grau de vulnerabilidade dos trechos inundáveis. Para cada trecho de corpo de água identificado como inundável foi definida a vulnerabilidade em função da frequência e dos impactos das inundações. A estimativa dos impactos foi definida em função da ocorrência de danos à vida, às propriedades e da interrupção dos serviços públicos e privados. Através do mapeamento, na Figura 14, foram identificados os impactos relacionados a cada trecho. A codificação foi dada em cores, conforme:

1) A frequência de ocorrência das inundações:

VERMELHO - A – ALTA VUNERABILIDADE: áreas que inundaram nos últimos 5 anos;

LARANJA - M – MÉDIA VUNERABILIDADE: áreas que inundaram entre 5 e 10 anos;

VERDE - B – BAIXA VUNERABILIDADE: áreas que inundaram há 10 ou mais anos.

2) A vulnerabilidade é dada em função da frequência e dos impactos causados pelas inundações, conforme a classificação abaixo:

ALTA VUNERABILIDADE - implica em risco de dano à vida humana e danos significativos a serviços essenciais, instalações e obras de infraestrutura públicas e privadas;

MÉDIA VUNERABILIDADE - causa danos razoáveis a serviços essenciais, instalações e obras de infraestrutura públicas e residências;

BAIXA VUNERABILIDADE - causa danos localizados.

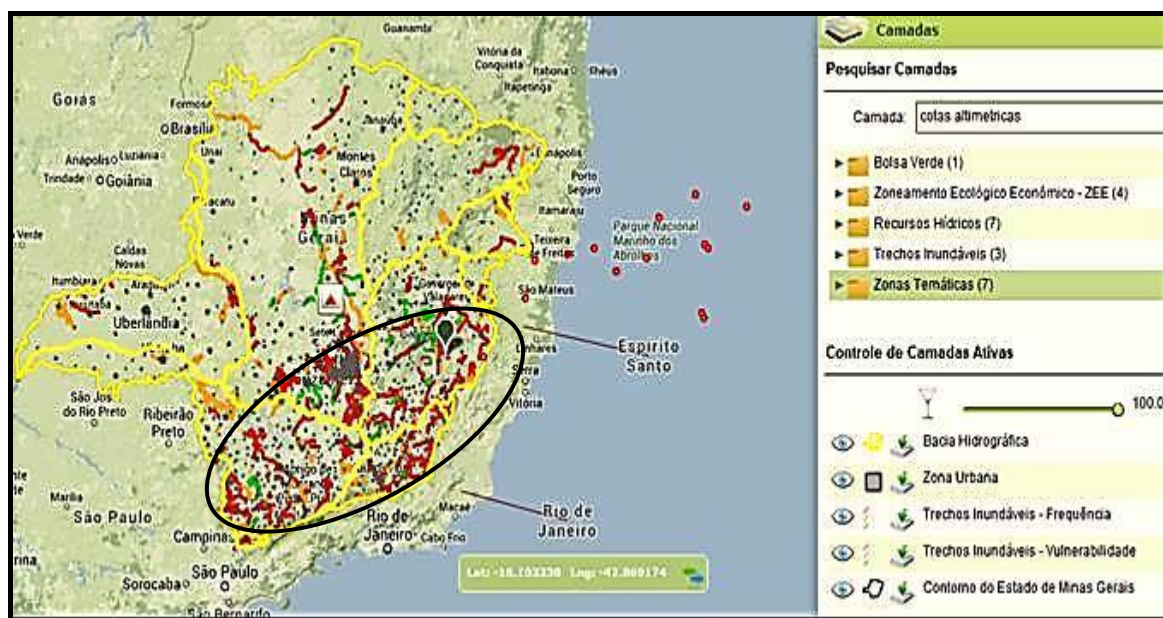


Figura 14 - Mapa de identificação dos trechos de corpos d'água inundáveis em Minas Gerais, sudeste do estado delimitado pela elipse (Fonte: SEMAD, disponível em; <http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/#>)

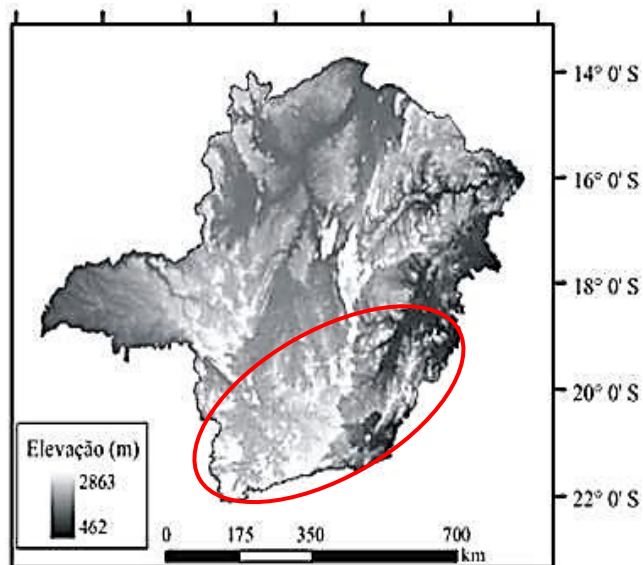


Figura 15 – Modelo de elevação digital para Minas Gerais, sudeste do estado delimitado pela elipse (Fonte: Viola, 2010).

Analisando o mapa dos trechos inundáveis mais críticos em Minas Gerais (Figura 14), quanto à frequência de inundação e a vulnerabilidade que dada região enfrenta mediante os impactos decorrentes causados pelas inundações, é possível perceber que a grande concentração dos trechos e/ou dos municípios mais críticos acontece no centro-leste e centro-sul (sudeste) de Minas Gerais (área interna ao elipse, Figuras 14 e 15).

A esta discussão deve ser acrescentada outra análise de igual ou grande relevância, a influencia da altimetria que nos adiciona a informação de que nas áreas de menores altitudes, conforme se observa no mapa do modelo digital de elevação (Figura 15), as áreas mais escuras concentram espacialmente as menores cotas altimétricas, onde ocorrem às situações de inundações mais críticas, ou seja, espacialmente existe uma maior proximidade e concentração entre as cores **VERMELHA** e **LARANJA** (Figura 14), as quais evidenciam as áreas mais vulneráveis as inundações, notoriamente, localizadas em parte do Centro de Minas, Leste e Sudeste do estado (área marcada - Figura 16). Esta situação provavelmente acontece devido à forma de relevo que aí se observa, como regiões de fundos de vales, próximas às bacias hidrográficas de médio e grande porte. E ainda, o fato de que, nessa área, existe uma expressiva concentração da população urbana, como pode ser visto na Figura 16.

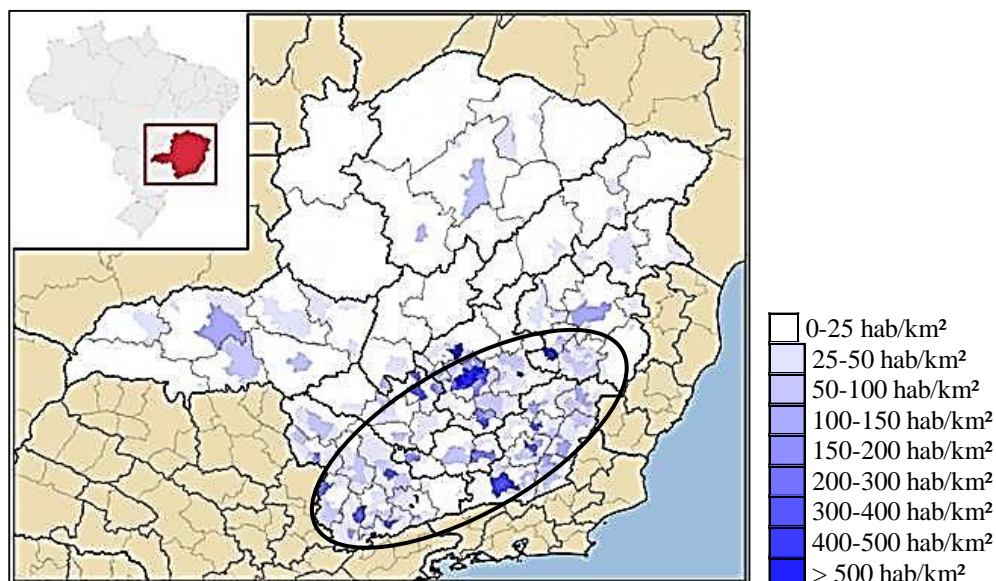


Figura 16 - Densidade populacional dos municípios de Minas Gerais, sudeste do estado delimitado pela elipse (Fonte: Wikipedia, 2012).

No tocante a abordagem do estudo e mais precisamente sobre a importância que algumas variáveis físicas (tipo de relevo, rede hidrográfica do estado) exercem em relação à distribuição espacial da leptospirose em Minas Gerais, se observa que as áreas de maior concentração de leptospirose, coincidem com as áreas dos trechos mais críticos e vulneráveis às inundações no estado que, se concentram com maior frequência espaçotemporal entre os setores: centro-leste e centro-sul de MG, no qual estão inseridas as mesorregiões de: parte da RMBH, Campos das Vertentes, parte do Oeste de Minas, parte do Sul/Sudoeste de Minas. Entretanto, é relevante comentar que tanto na escala regional como para a RMBH, a forma e o modo de ocupação da população irão repercutir no nível de criticidade dos impactos acarretados pelas inundações nestes locais e, conseqüentemente, isto se reflete também sobre a forma de contaminação e transmissão da leptospirose em ambas as escalas.

Capítulo 5

5. Procedimentos Metodológicos

A metodologia dessa pesquisa de caráter multi e interdisciplinar pautada entre as interfaces da saúde, clima e meio ambiente, se desenvolveu em sequência de três etapas metodológicas que resultaram em três artigos. Abaixo se apresenta uma síntese geral dessas metodologias, as quais serão apresentadas na íntegra posteriormente, no escopo de cada artigo (I, II e III) na seção IV. De um modo geral, as metodologias consistiram em:

- (i) A primeira se constituiu numa abordagem de caráter epidemiológico sob a ótica da epidemiologia descritiva e da geografia médica, com o intuito de entender como o fenômeno doença se comportava no tempo e no espaço territorial de Minas Gerais;
- (ii) A segunda abordagem introduziu as questões de caráter e interesse da climatologia, analisando o comportamento diretamente relacionado às anomalias de precipitação e suas repercussões sobre o fenômeno-doença ao longo do tempo e do espaço. E por fim;
- (iii) O desfecho coube ao aprofundamento da análise dinâmica, no tocante à influência da variabilidade climática sobre as anomalias positivas de precipitação durante o trimestre mais chuvoso (DJF). Em linhas gerais, foi analisado o comportamento das variáveis atmosféricas sobre as associações de ZCAS-ENOS, durante o comportamento médio (2002-2012), em anos de El Niño e de La Niña, observando a repercussão de cada condição citada sobre as áreas mais afetadas pelo aumento de casos da doença no estado.

5.1. Resultados e Discussões

Toda a discussão pertinente a esta seção está detalhada e apresentada no escopo de cada artigo, os quais integram cada etapa do trabalho, citada anteriormente nos *Procedimentos Metodológicos* e que, juntos compõem a tese em sua totalidade.

Dessa forma, os artigos são apresentados a seguir, onde será mantida a ordem de produção/publicação, bem como, o formato de cada um deles, meramente por uma questão de adequação na forma de apresentação deste trabalho, que contempla o modelo de defesa no “Formato de Artigos”. Além de que, esse formato se aproxima mais do caráter de cada trabalho, desenvolvido no âmbito da relevância e especificidade de cada abordagem tratada em cada um dos artigos.

5.2. Artigo I

A INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO NO PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DOS CASOS DE LEPTOSPIROSE EM MINAS GERAIS NO PERÍODO DE 1998 – 2012

5.3. Artigo II

ASSOCIAÇÕES ENTRE ZCAS-ENOS E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A DISTRIBUIÇÃO ESPAÇOTEMPORAL DA LEPTOSPIROSE EM MINAS GERAIS

5.4. Artigo III

A VARIABILIDADE INTERANUAL DAS ASSOCIAÇÕES DE ZCAS-ENOS E SUA INFLUÊNCIA NO AUMENTO DE CASOS DE LEPTOSPIROSE EM MINAS GERAIS

Considerações Finais

Esta tese realizou um trabalho de caráter inter e multidisciplinar no qual conseguiu integrar um diálogo dentro das especificidades de três interfaces (saúde, meteorologia e da geografia - análise ambiental). As quais foram construídas sobre questões eminentes a cada uma dessas interfaces que deram suporte à colocação do *problema de pesquisa*. Dessa forma, o propósito do trabalho, quanto aos objetivos gerais, à metodologia, as quais se revelaram eficientes na aplicação/resolução das questões de interesse de cada interface, desenvolvidas em três etapas integradas e complementares entre si.

Uma vez estruturados, consolidados e obtidos os resultados propostos por cada objetivo, bem como, a realização metodológica integrada em cada *Etapa* da pesquisa, onde cada *Etapa* cumprida norteou a *Etapa* subsequente, permitindo assim, que a **Hipótese de Pesquisa** fosse atestada, confirmada e validada. A hipótese suposta foi que:

A configuração do clima local e/ou regional em conexão com a variabilidade Interanual do clima, interfere sim nos padrões de transmissão de leptospirose no estado de Minas Gerais, especialmente no setor sudeste do estado.

Abaixo são sucintamente descritas, de que forma as *Etapas* (metodologias/resultados/conclusões) corroboraram na confirmação da hipótese.

A primeira “Questão” proposta, foi respondida na primeira Etapa do trabalho. Em linhas gerais, a contribuição do diálogo com a **Interface I – Saúde**. Em termos das questões postas, o trabalho, em sua primeira etapa, vislumbrou elucidar as questões no âmbito da saúde, sob a prática de estudos que atenderam aos objetivos da Epidemiologia Descritiva e da Geografia Médica. Assim, a questão que norteou a pesquisa foi:

- 1) De que forma a leptospirose se *distribuí no tempo e no espaço ao longo da série histórica (1998-2012) levantada em Minas Gerais? Sobretudo, no tocante, aos casos que apresentaram relação direta com a variável precipitação.*

No geral, as conclusões mais significativas da Etapa I, contribuíram no entendimento de que:

- A análise epidemiológica descritiva da leptospirose revelou que nos municípios com grande população a doença tem caráter endêmico, embora sujeita às oscilações epidêmicas, e nos municípios com menor população a ocorrência predomina sob a forma de surtos epidêmicos, com grande concentração de casos em determinados anos com altas taxas de incidência.
- As maiores taxas de incidência anual ocorreram em municípios com menos de 85 mil habitantes. Na Região Metropolitana de Belo Horizonte,

mais populosa, os municípios de Belo Horizonte, Betim, Contagem e Ibirité, apresentaram taxas anuais de incidência menor ou igual ao valor de 3,2/100.000, com exceção do ano epidêmico de 2003 em Betim (8,6/100.000).

- A análise espacial da doença no estado mostrou uma distribuição sensível à variabilidade espaçotemporal e aos condicionantes socioambientais. E que esse fenômeno possui um componente climático que regula os momentos de expansão/retração de leptospirose, que correspondem ao aumento/diminuição do número de casos da doença.

A segunda “Questão” proposta, foi respondida na segunda Etapa do trabalho. Em linhas gerais, a contribuição do diálogo com a **Interface II – Clima** resultou na seguinte pergunta:

2) De que forma a variabilidade do clima influencia a configuração da distribuição espaçotemporal da precipitação (em escala regional e local) a ponto de afetar o padrão de distribuição da leptospirose em Minas Gerais?

As conclusões mais significativas da Etapa II consistiram na análise estatística das associações de ZCAS-ENOS e contribuíram no entendimento de que:

- Os episódios de alta e média frequência de ZCAS explicaram aproximadamente 70% de toda série. Os maiores totais de casos de

leptospirose (média $\geq 37,4$ /trimestre) verificados entre 2002-2012 permitiram concluir que:

- (i) Os episódios de ZCAS - La Niña com alta frequência explicaram 22% de todos os eventos analisados;
- (ii) Os episódios ZCAS - El Niño com média frequência explicaram 33% dos casos, ou seja, as associações de ZCAS-ENOS responderiam por aproximadamente 55% de todos os episódios, que apresentaram aumento significativo dos casos de leptospirose e que, estão relacionados às anomalias positivas de precipitação em Minas Gerais;*
- (iii) A análise das séries temporais das anomalias de TSM na região do Pacífico Tropical e a ZCAS apresentou correlação significativa com “lag” de 1 a 2 meses entre as séries. Com relação ao Atlântico, a região da ZCAS apresentou correlação negativa, ou seja; águas anormalmente frias, estão associadas ao aumento da precipitação na região SE.

A terceira “Questão” foi respondida na Etapa III do trabalho:

- 3) *A variabilidade do Clima pode acelerar os ciclos de transmissão da doença, bem como estender as suas áreas de distribuição geográfica?*

Em linhas gerais, a contribuição do diálogo com a **Interface III – clima e meio ambiente** buscou a compreensão acerca do comportamento das variáveis atmosférica e físicas (no tocante a morfologia – relevo) e suas influências sobre as

anomalias positivas da precipitação durante DJF, identificando padrões e configurações, inerentes ao clima e sua variabilidade. Além disso, foi crucial compreender/explicar as repercussões dessa variabilidade no comportamento do fenômeno-doença (leptospirose), ao longo do tempo e do espaço de Minas Gerais. A finalização do trabalho resultou nos seguintes entendimentos:

As características da feição geomorfológica que constituem o relevo do setor sudeste de Minas Gerais apresentaram duas importantes e diretas contribuições no modelo de produção da leptospirose nas localidades inseridas nesse setor:

- (1) - Um incremento ou, intensificação na circulação local que somada à condição atmosférica observada em anos de El Niño, irão ocasionar as ocorrências das anomalias positivas de precipitação no sudeste do estado. Detalhadamente acredita-se que o processo na situação ocorreria da seguinte forma:

A circulação atmosférica, predominantemente em anos de El Niño, apresenta maior aporte de calor e umidade, nos baixos níveis da atmosfera, no sudeste de MG, o que poderia contribuir para intensificar localmente a circulação de “vale-montanha”, uma vez que a faixa de contraste térmico (zona de transição entre as maiores e menores temperaturas médias do ar) se localiza mais a leste do estado do que em anos normais, o que favoreceria o aumento da advecção local de calor, que ao interagir com a circulação associada à ZCAS, possivelmente, originaria a formação de sistemas atmosféricos de mesoescala, os quais poderiam ser retroalimentados por alguns dias, a

dependem da intensidade e da persistência da atividade convectiva da ZCAS. Assim, a interação deste sistema com as características locais da circulação atmosférica e do relevo do setor sudeste de MG, seriam responsáveis por núcleos de anomalias positivas de precipitação, observados nos meses de DJF nos anos de El Niño, justificando o aumento de casos de leptospirose verificados nesse período e setor.

- (2) - Simultaneamente a situação descrita em (1), a feição geomorfológica do relevo do setor sudeste de MG, contribuiria também no rápido escoamento superficial da precipitação, favorecendo assim, as ocorrências de inundações comumente observadas entre os meses de DJF em municípios/localidades das mesorregiões inseridas no setor citado.

Nos anos de La Niña se observa que a área de advecção de calor decorrentes da circulação da ZCAS se posiciona mais continental, favorecendo intensa atividade convectiva em grande parte do estado mineiro. Nesses anos, por influência direta da ZCAS, são observadas anomalias positivas da precipitação, o que por sua vez, favoreceriam as ocorrências de inundações, especialmente nas mesorregiões situadas no sudeste de MG. O segundo maior total de casos de leptospirose aconteceu nesse setor, em ano de La Niña.

É plausível supor que à variabilidade interanual e intrasazonal do clima interagem e influencia a distribuição das anomalias positivas da precipitação, especialmente no setor sudeste de MG. Uma vez que em anos do fenômeno ENOS, fase quente, acredita-se que as forçantes físicas que compõem a morfologia do setor estudado, são importantes e corroboram no aumento da precipitação e, conseqüentemente, na

ocorrência das inundações/enchentes que favorecem por sua vez, o aumento de casos de leptospirose.

Dessa forma, acredita-se que essa explanação ressalta a importância do relevo, em Minas Gerais, especialmente em anos de El Niño. E ainda, estabelece a variável física (relevo) como sendo uma das forçantes de contribuição significativa, justificando o fato de que o fenômeno ocorre com maior frequência e intensidade no setor sudeste de MG e não, em outros setores do estado, reforçando o que foi sugerido por Dutra et al. (21/11/2015, “em publicação”) - Artigo II e Artigo III (a ser publicado).

Entretanto, sugerem-se novos estudos com aplicação de uma modelagem de mesoescala, especialmente no setor sudeste de MG, área preferencial de atuação do fenômeno-doença. Essa modelagem poderá confirmar e validar a hipótese da relação multiescala, na qual, em anos de El Niño, se observa maior aporte de calor e umidade nos baixos níveis da atmosfera durante os episódios de ZCAS, que por sua vez, podem contribuir para intensificar, localmente, a circulação de vale-montanha e conseqüentemente, favorecer as anomalias positivas das precipitações, as quais estão diretamente relacionadas ao aumento da leptospirose nessa região.

Referências Bibliográficas

- ABREU, M. L. Climatologia da Estação Chuvosa de Minas Gerais : de Nimer (1977) à Zona de Convergência do Atlântico Sul. Revista Geonomos, v 6, n. 2, p.: 17-22, 1998. Disponível em: www.igc.ufmg.br/geonomos/PDFs/6_2_17_22_Abreu.pdf. Acesso em: 25/10/2012.
- ABREU, M. L.; CUPOLILLO, F. O. El Niño e o clima em Minas Gerais. Revista de Ciências, Caratinga: FUNEC, v.1, n.1, p.1, 1998.
- ABREU, M. L.; MOURA A. D. Efeitos das TSMs do Atlântico e Pacífico sobre as anomalias de precipitação no verão de 1995 e 1996, simulados pelo MCGA do CPTEC/COLA. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 9., 1996, Campos do Jordão. Anais... Rio de Janeiro: SBMET, v. 1, p. 818-821, 1996.
- ACEITUNO, P. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I: Surface climate. Mon. Wea. Rev., Vol. 116, pp. 505–524, 1988.
- ACHA, P. N. & SZYFRES, B. Zoonosis y Enfermedades Transmisibles Comunes al Hombre y a los Animales. Bacteriosis y Micosis. Washington: OPAS, Volumen I, 2001.
- ALEIXO, N. C. R., SANT'ANNA NETO, J. L. Eventos pluviométricos extremos e saúde: perspectivas de interação pelos casos de leptospirose em ambiente urbano. HYGEIA, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde - ISSN: 1980-172, 2010. Disponível em: www.hygeia.ig.ufu.br/. Acesso em: 15/11/2013.
- ALEIXO, N. C. R.; SANT'ANNA NETO, J. L. Percepção e riscos, abordagem socioambiental do processo saúde-doença. Mercator, v. 10, n. 22, p. 191-208, 2011.
- AMARAL, R. & RIBEIRO, R. R. Enchentes e Inundações. In: TOMINAGA, L.K; SANTORO, J; AMARAL, R. (Orgs.), Desastres Naturais, conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, p. 40-53, 2009.
- ANDRADE, K. M. Climatologia e comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul. 2005-04-04. 185 pp. (INPE-14056-TDI/1067). Dissertação de Mestrado - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2005. Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2005/06.15.17.12>.
- ASHFORD, D. A.; KAISER, R. M.; SPIEGEL, R. A. Asymptomatic infection and risk factors for leptospirosis in Nicaragua, v. 63, p. 249, 2000.
- ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS - 1991 a 2010: volume Minas Gerais / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres - CEPED, Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres - UFSC, Florianópolis / SC., 95 p. Volume Minas Gerais , ISBN 978-85-64695-15-3, 2012.
- ATLAS DE VULNERABILIDADE AS INUNDAÇÕES NO ESTADO DE MINAS GERAIS 2013. Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Minas Gerais – SEMAD, Belo Horizonte, 32p., 2013.

BARCELLOS C. C., SABROZA P. C., PEITER P., ROJAS L. I. Organização espacial: saúde e qualidade de vida: análise espacial e uso de indicadores na avaliação de situações de saúde. *Inf. Epidemiol. Sus.*, 11(3):129-138, 2002.

BARCELLOS, C. & SABROZA, P. C. Socio-environmental determinants of the leptospirosis outbreak of 1996 in western Rio de Janeiro: A geographic approach. *International Journal of Environmental Health Research*. 2000.

BARCELLOS, C.; SABROZA, P. C. The place behind the case: Leptospirosis risks and associated environmental conditions in a flood-related outbreak in Rio de Janeiro. *Cadernos de Saúde Pública (ENSP. Impresso)*, Rio de Janeiro, v. 17, n.sup. 3, p. 7-14, 2001.

CAMPOS, H. S; MARTINS, G. G.; RESENDE, R. O; SOUZA, S. M. S. Leptospirose, Saúde Ambiental, Saneamento Básico e Urbanização. Universidade Salgado de Oliveira – UNIVERSO, - Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ. *Revista de Trabalhos Acadêmicos*, nº. 02. Pesquisa Saúde – Brasil, 2010.

CARRIJO, R. S. G. G. O efeito da escala geográfica na análise dos determinantes da leptospirose. (Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca). FioCruz, Rio de Janeiro, s.n, 92 p., 2008.

CARVALHO, L. M. V., AND C. JONES, A satellite method to identify structural properties of mesoscale convective systems based on maximum spatial correlation tracking technique (MASCOTTE). *J. Appl. Meteor.*, 40, 1683–1701, 2001.

CARVALHO, L. M. V., JONES, C., LIEBMANN, B. The South Atlantic Convergence Zone: Intensity, Form, Persistence, and Relationships with Intraseasonal to Interannual Activity and Extreme Rainfall. *Journal of Climate*, VOL. 17, 2003.

CASARIN, D. P. & KOUSKY, V. E. Precipitation anomalies in Southern Brazil and related changes in the atmospheric circulation. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Vol. 1, pp. 83-90, 1986.

CASTELLANOS, P. L. Sobre o conceito de saúde-doença. Descrição e explicação da situação de saúde. *Anais do IV Latino-americano e V Congresso Mundial de Medicina Social*, 1987.

CAVALCANTI, I. F. A. Episódios: El Niño/oscilação sul durante a década de 1986-1996 e suas influências sobre o Brasil. *Climanálise*, Cachoeira Paulista, p. 52-64. Edição especial. 1996. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/ano1.shtml>. Acesso em: 20/05/2014.

CHEN, M.; SHI, W., XIE, P., SILVA, V. B. S., KOUSKY, V E., HIGGINS, R. W. & JANOWIAK, J. E. Assessing objective techniques for gauge-based analyses of global daily precipitation, *J. Geophysics. Res.*, Vol. 113, D04110, doi:10.1029/2007JD009132, 2008.

Climatology and Variability: In Book: *Modern Climatology*. Edited by Dr. Shih-Yu Wang, Publisher InTech., ISBN 978-953-51-0095-9 Hard cover, 398 pages. Published online 09, March, 2012. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/modern-climatology/the-south-american-monsoon-system-climatology-and-variability>. Acesso em: 16/04/2014.

CONFALONIERE, U. E.; MARINHO, D. P. Saúde Pública e Risco Social. In Seminário Rio Próximos 100 anos. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/ipp/download/saude_diana_1.pdf. Acesso: 18/06/12.

CONFALONIERI, U. E. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. Terra Livre São Paulo Ano 19 - vol. I - n. 20 p. 193-204 jan/jul., 2003.

CONFALONIERI, U. E., B. MENNE, R. AKHTAR, K.L. EBI, M. HAUENGUE, R.S. KOVATS, B. Revich and A. Woodward: Human health. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007.

CPC. CLIMATE PREDICTION CENTER – National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Disponível em: <ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/wd52ws/SA/>. Acesso em: Setembro de 2013.

CUNNINGHAM, C. C. & CAVALCANTI, I. F. A. Intraseasonal modes of variability affecting the South Atlantic Convergence Zone. Int. J. Climatol., Vol. 26, pp. 1165-1180, 2006.

CUPOLILLO, F. Diagnóstico hidroclimatológico da Bacia do Rio Doce. Tese de Doutorado do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

CUPOLILLO, F.; ABREU, M. O El Niño e a estiagem no nordeste de Minas Gerais. Revista de Ciências, Caratinga, v. 2, n. 2, p. 65, 1998.

DATASUS, Departamento de Informática do SUS. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php>. Acesso em: 25/05/2012.

DUTRA, F. R. L. S.; VALADÃO, R. C.; CONFALONIERI, U. E., MULLER, G. V.; QUADRO, M. F. L. A influência da variabilidade da precipitação no padrão de distribuição dos casos de leptospirose em Minas Gerais, no período de 1998 – 2012. Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde - HYGIEIA, ISSN: 1980-1726, Hygeia 11 (20): 106 - 126, Jun / 2015. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia>. Acesso em: 10/08/2015.

FERREIRA, N. J., SANCHES, M., SILVA DIAS, M. A. F. Composição da Zona De Convergência do Atlântico Sul em períodos de El Niño e La Niña. Revista Brasileira de Meteorologia, v.19, n.1, 89-98, 2004.

FERREIRA, V. O. Eventos pluviais concentrados em Belo Horizonte – MG: caracterização genética e impactos físico-ambientais, 195f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996.

FIGUEIREDO, C.M.; MOURÃO, A.C.; OLIVEIRA, M.A.A.; ALVES, W.R.; OOTEMAN, M.C.; CHAMONE, C.B.; KOURY, M.C. Leptospirose humana no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil: uma abordagem geográfica. Rev. Soc. Bras. Med. Trop. 34(4): 331-338, jul-ago, 2001.

FRANÇA, J. L.; VASCONCELLOS, A.C. Manual para normalização de publicações Técnico-Científicas. 8 ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, p. 1-255, 2007.

GAN M. A.; RODRIGUES L. R., RAO V. B. Monção na América do Sul. Chapter 19 in *Tiempo y Clima no Brasil*, Cavalcanti I, Ferreira N.J., Justi M. A. G., Silva Dias M. A. F., (eds) Editora. Oficina de Textos, São Paulo: Brazil, pp. 297–312, 2009.

GAN, M. A.; KOUSKY, V. E. & ROPELEWSKI, C. F. The South American Monsoon circulation and its relationship to rainfall over west-central Brazil. *J. Climate*, Vol. 17, pp. 47-66, 2004.

GANDIN, L. S. Objective Analysis of Meteorological Fields. Israel Program for Scientific Translations. pp. 242, 1965.

GANDU, A. W.; SILVA DIAS, P. L. Impact of tropical heat sources on the South American tropospheric upper circulation and subsidence. *Journal of Geophysical Research*. v. 103, n. D6, p. 6001-6015, 1998.

GEODIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Programa Geologia do Brasil - Levantamento da Geodiversidade. Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, 136 p., 2010. Disponível em: <http://www.biblioteca.ifc-camboriu.edu.br/criacac/tiki-index.php?page=Servi%E7o+Geol%F3gico+do+Brasil+-+CRPM>. Acesso em: 25/06/2014.

GOERL, R.F.; KOBIYAMA, M. Considerações sobre as inundações no Brasil. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa, Anais. 2005.

GONÇALVEZ, N. M. S. Impactos pluviais e a desorganização do espaço urbano de Salvador/BA. São Paulo (Tese de Doutorado), USP, 1992.

GRIMM A. M.; VERA C. MECHOSO R. The South American Monsoon System, Chang C-P, Wang B, Lau NC-G, (eds) *The Global Monsoon System: Research and Forecast*, WMO/TD 1266 – TMRP: pp. 542, 2005. Available at <http://www.wmo.int/pages/prog/arep/tmrp/documents/globalmonsoonsystemIWM3.pdf>. Acesso em: 25/06/2014.

GRIMM, A. M. Interannual climate variability in South America: impacts on seasonal precipitation, extreme events and possible effects of climate change. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. v. 25, n. 4, p. 537-554, DOI: 10.1007/s00477-010-0420-1, 2011.

GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T. & GOMES J. Precipitation Anomalies in Southern Brazil Associated with El Niño and La Niña Events. *J. Climate*, Vol. 11, pp. 2863–2880, 1998.

GRIMM, A. M.; SILVA DIAS, P. L. Analysis of tropical-extratropical interactions with influence functions of a barotropic model. *Journal of the Atmospheric Science*, v. 52, n. 20, p. 3538-3555, 1995.

GUIA DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA/MINISTÉRIO DA SAÚDE, Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. 7. ed. – Brasília: Ministério da Saúde, pp. 816., ISBN 978-85-334-1632-1, 2010.

HASTENRATH, S. & HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeastern Brazil. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, Vol. 110, pp. 77-92, 1977.

HOERLING, M. P.; KUMAR, A. Understanding and predicting extratropical teleconnections related to ENSO: El Niño and the Southern Oscillation. Cambridge: University Press, p. 57-88, 2000.

HOREL, J. D.; HAHMANN, A. & GEISLER, J. An investigation of the annual cycle of convective activity over the tropical Americas. *J. Climate*, Vol. 2, pp. 1388-1403, 1989.

HUTTNER, M. D.; PEREIRA, H. C. P.; TANAKA, R. M.. Pneumonia por leptospirose. *J. Pneumol.*, v. 28, p. 229-232, 2002.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística,. Censo Demográfico do Brasil – Resultado do Universo. Rio de Janeiro: 2010.– disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados_dou/BA2010.pdf>. Acesso em: 10/10/2012.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas (1961 – 1990). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em 06/04/2012.

INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CENTRO DE PREVISÕES DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS – CPTEC. Boletim Climanalise, Síntese sinótica mensal de outubro de 2010. São José dos Campos, out. 2010. 13p. Disponível em: <http://tempo1.cptec.inpe.br/boletimTecnico/faces/buscar.jsp>. Acesso em: 10/12/2014.

IPCC, 5º Informe del do Grupo II: Impacto, adaptación y vulnerabilidade de La Organización Meteorológica Mundial - Organismo especializado de las Naciones Unidas, Comunicado de prensa: Tiempo-Clima-Agua. Nº 987. Disponível em: www.ipcc-wg2.gov/AR5. Acesso em: 10/04/2014.

KAYANO, M. T. & KOUSKY, V. E. Tropical circulation variability with emphasis on interannual and intraseasonal time scales. *Rev. Bras. Meteor.*, Vol. 11, pp. 6-17, 1996.

KAYANO, M. T., KOUSKY V. E. Sobre o monitoramento das oscilações intrasazonais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 7, p. 593-602, 1992.

KO, A. I.; REIS, G. M.; DOURADO, R. C. M., JOHNSON, W. D., RILEY, L.W. Urban epidemic of severe leptospirosis in Brazil. Salvador Leptospirosis Study Group. *Lancet*, v. 354, p. 820- 825, 1999.

KOBAYASHI, Y. Clinical observation and treatment of leptospirosis. *J. Infect. Chemother.*, v.,7, p., 59-68, 2001.

KODAMA, Y. M. Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu frontal zone, the SPCZ, and the SACZ). *Journal of the Meteorological Society of Japan*, v.70, n.4, p.813-836. 1992.

KOUSKY, V. E. & CAVALCANTI, I. F. A. Precipitation and atmospheric circulation anomaly patterns in the South American sector. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Vol. 3, pp. 199-206, 1988.

KOUSKY, V. E. & M. T. KAYANO Principal modes of outgoing longwave radiation and 250-mb circulation for the South American sector. *J. Climate*, 7, 1131-1143, 1994.

KOUSKY, V. E. & M. T. KAYANO. Real-time monitoring of intraseasonal oscillations. Proc. Eighteenth Annual Climate Diagnostics Workshop, 1-5 November 1993, Boulder-CO, 1993:

KOUSKY, V. E. AND I. F. A. CAVALCANTI. El Niño-Southern Oscillation events: Characteristics, evolution and precipitation anomalies. *Ciênc. Cult.*, 36, 1888-1889, 1984.

KOUSKY, V. E. Atmospheric circulation changes associated with rainfall anomalies over tropical Brazil. *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 113, pp. 1951-1957, 1985.

KOUSKY, V. E. Frontal Influences on Northeast Brazil. *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 107, pp. 1140-1153, 1979.

KOUSKY, V. E. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South America sector. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Vol. 3, pp. 217–231, 1988.

KOUSKY, V. E., M. T. KAYANO, AND I. F. A. CAVALCANTI. A review of the Southern Oscillation: Oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus*, 36A, 490-502, 1984.

LACOSTE, Yves. *Géographie du sous-développement*. 3. ed. Paris: PUF, 1976.

LEMOS, C. F.; CALBETE, N. O. Sistemas frontais que atuaram no sul do Brasil (período 1987-1995). *Climanálise*, Cachoeira Paulista, p.131-135, Edição Especial, 1996.

LEVETT, P. N. Leptospirosis. *Clin. Microbiol.*, v. 14, p. 296, 2001.

LIEBMANN, B. & MARENGO, J. A. The seasonality and interannual variability of rainfall in the Brazilian Amazon basin. *J. Climate*, Vol. 14, pp. 4308-4318, 2001.

LIEBMANN, B. & MECHOSO, C. R. The South American Monsoon System, Chapter 8 in *The Global Monsoon System: Research and Forecast*, 2nd Edition. C. P Chang et al., (eds.) World Scientific Publishing: Singapore, 550 p., 2010.

LIEBMANN, B., G. N. KILADIS, C. S. VERA, A. C. SAULO, L. M. V. CARVALHO, Subseasonal variations of rainfall in South America in the vicinity of the low-level jet east of the Andes and comparison to those in the South Atlantic Convergence Zone. *J. Climate*, 17, 3829-3842, 2004.

LIMA, K. C. Episódios de Precipitação Intensa no Sudeste do Brasil e a influência das anomalias de temperatura da superfície do mar e da topografia. Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia do INPE, São José dos Campos – SP, 179p., 2010. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/37M3ST5>. Acesso em: outubro de 2012.

LOPES, M. N. G., DE SOUZA, E. B., FERREIRA, D. B. S. Climatologia Regional da Precipitação no Estado do Pará. Revista Brasileira de Climatologia, Ano 9 – Vol. 12 – JAN/JUL. ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642, (Eletrônica), 2013.

LUCAS, T. P. B.; ABREU, M. L. Caracterização climática dos padrões de ventos associados a eventos extremos de precipitação em Belo Horizonte – MG. Caderno de Geografia, Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da UFMG, Belo Horizonte, v. 14, n. 23, p. 135-152, 2º sem., 2004.

LÚCIO, P., S.; TOSCANO, E. M. M.; ABREU, M. L.- Caracterização de séries climatológicas via análise canônica de correspondência. Estudo de caso: Belo Horizonte – MG (Brasil). Submetido à Revista Bras. de Geofísica, maio, 1998.

MADDEN, R. & JULIAN, P. Observations of the 40-50 day tropical oscillation: A review. Mon. Wea. Rev., Vol. 112, pp. 814-837, 1994.

MADDEN, R. & JULIAN, P. Description of global-scale circulation cells in the tropics with a 40-50 day period. J. Atmos. Sci., Vol. 29, pp. 1109-1123, 1972.

MADDOX, R. A.; CHAPPELL, C. F.; HOXIT, L. R. Synoptic and meso-scale aspects of flash food events. Bulletin of the American Meteorological Society, v. 60, n. 2, p. 115-123, 1979.

MADDOX, R. A.; DOSWELL III, C. A. An examination of jet stream configurations, 500mb vorticity advection and low-level thermal advection patterns during extended periods of intense convection. Monthly Weather Review, v. 110, n. 3, p. 184-197, 1982.

MAGALHÃES, G. B.; ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. A ocorrência de chuvas e a incidência de leptospirose em Fortaleza – CE, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde – HYGEIA, ISSN: 1980-1726, Hygeia 5(9):77 - 87, 2009. Disponível em: www.hygeia.ig.ufu.br/. Acesso em: 03/09/2012.

MAIA, LUIZ FRANCISCO P. G. Alguns aspectos dinâmico-climatológicos em Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

MANDELL, G. L.; BENNETT, J. E.; DOLIN, R. Mandel, Douglas, and Bennett's principles and practice of infectious disease. 5. ed. Oxford: Churchill Livingstone, v. 2, p. 1534-3264, 2000.

MARENGO, J. A. The characteristics and variability of the atmospheric water balance in the Amazon basin: Spatial and temporal variability. Climate Dynamics, v.24, p.11-22, 2005.

MARENGO, J. A.; LIEBMANN, B.; GRIMM, A. M.; MISRA, V.; SILVA DIAS, P. L.; CAVALCANTI, I. F. A.; CARVALHO, L. M. V.; BARBERY, E. H.; AMBRIZZI, T.; VERA, C. S.; SAULO, A. C.; NOGUES-PAEGLE, J.; ZIPSER, E.; SETH, A. & ALVES, L. M. Review: Recent developments on the South American monsoon system. Int. J. Climatol., DOI: 10.1002/joc.2254, 2010.

MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A.; SALATI, E. & AMBRIZZI, T., Caracterização do clima atual e definição das Alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Min. do Meio Ambiente, SBF/DCBio, Brasília, 54 pp., 2007.

MEDRONHO, R; BLOCH K. V.; LUIZ, R. R.; WERNECK, G. L. Epidemiologia. Atheneu, São Paulo, 2ª Edição, 2009.

MENDONCA, F. A., PAULA, E. V. Analyse géographique de la leptospirose dans le Paraná et a Curitiba/Bresil (1997-2001): Une approche climatologique. Dokumentcja Geograficzna, Varsovia - Polonia, v. 1, n. 29, p. 245-248, 2003.

MINUZZI, R. B. A influência dos fenômenos El Niño e La Niña nos veranicos do Estado de Minas Gerais . 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano. Série Teses e Monografias, n.25. São Paulo: Instituto de Geografia da USP, 1976.

MOSSMAN, R. C. Indian Monsoon rainfall in relation to South America weather. Mem. Ind. Meteor. Dept., Vol. 23, pp. 157-242, 1924.

MOURA, A. D. & SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. J. Atmos.. Si., Vol. 38, pp. 2653–2675, doi: 10.1175/1520-0469(1981)038<2653:OTDODI>2.0.CO;2. 1981.

NIMER, E. Um modelo metodológico de classificação de climas. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, v. 41, n. 4, out/dez, p. 59-89, 1979.

NOBRE, A. C., YOUNG, A. F., SALDIVA, P., MARENGO, J. A., NOBRE, A. D., ALVES JR., S., SILVA, G. C. M., LOMBARDO, M. Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. Centro de Ciência do Sistema Terrestre do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Núcleo de Estudos de População da Universidade de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP), Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), Universidade Estadual Paulista (UNESP - Rio Claro), 32 p., Junho, 2010. Disponível em: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/publicacoes/2010/SumarioExecutivo_megacidades.pdf. Acesso em: 10/03/2014.

NOGUES-PAEGLE, J. & COAUTHORS. Progress in Pan American CLIVAR Research: Understanding the South American Monsoon. Meteorológica, Vol. 27, pp. 3-32, 2002.

NOGUES-PAEGLE, J. & MO, K. C. Alternating wet and dry conditions over South America during summer. Mon Wea. Rev., Vol. 125, pp. 279-291, 1997.

OLIVEIRA ET AL., Avaliação sorológica de leptospirose em Minas Gerais 1988-1993. Anais do 3º Encontro Nacional em Leptospirose. Fundação Oswaldo Cruz, Ministério da Saúde, Rio de Janeiro p.112, 1993.

OLIVEIRA, A. S. Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – INPE, Universidade São Paulo, São José dos Campos, 1986.

OLIVEIRA, D. S. C.; GUIMARÃES, M. J. B.; MEDEIROS, Z. Modelo produtivo para Leptospirose. *Revista de Patologia Tropical*. v. 38, n.1, p.17-26, jan-mar, 2009.

OLIVEIRA, T. V. S., MARINHO, D. P., COSTA NETO, C., KLIGERMAN, D. C. Variáveis climáticas, condições de vida e saúde da população: a leptospirose no Município do Rio de Janeiro de 1996 a 2009. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17(6): 1569-1576, 2012.

OPAS/OMS, Organização Pan-Americana da Saúde - OPAS/Organização Mundial Washington, BIREME/OPAS/OMS. 51º Conselho Diretor da OPAS, DC, OPAS/OMS. 26 de setembro, 2011. Disponível em: http://new.paho.org/bireme/index.php?option=com_content&view=frontpage&lang=pt. Acesso em: 28/10/2012.

OPAS - Organização Pan-Americana da Saúde, SAÚDE NAS AMÉRICAS: PANORAMA REGIONAL E PERFIS DE PAÍSES. 636. Washington, DC: OPAS, 2012. Disponível em: http://new.paho.org/saludenlasamericas/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=14&lang=pt. Acesso em 30/05/2012.

PAULA, E. V. Evolução temporão-espacial de algumas doenças no Paraná no século XX: cólera, dengue, meningites e leptospirose. Curitiba: UFPR, 105 p. Relatório técnico, 2002.

PAULA, E. V. Leptospirose Humana: uma análise climato-geográfica de sua manifestação no Brasil, Paraná e Curitiba. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 de Abril, INPE, p. 2301-2308, 2005.

PELLISSARI, D. M; ELKHOURY, A. N. S. M.; ARSKY, M. L. N. S, NUNES, M. L. Revisão sistemática dos fatores associados à leptospirose no Brasil, 2000-2009. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, 20(4):565-574, 2011.

PELLEGRINI, D.C.P. Análise espaço-temporal da leptospirose no município do Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado em Saúde Pública. FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 2002.

PLANO NACIONAL DE SAÚDE – PNS: 2012-2015/Ministério da Saúde. Secretaria-Executiva. Subsecretaria de Planejamento e Orçamento. – Brasília: Ministério da Saúde, 14 p.: il. – (Série B. Textos Básicos de Saúde), ISBN 978-85-334-1859-2, 2011. Disponível em: http://conselho.saude.gov.br/biblioteca/Relatorios/plano_nacional_saude_2012_2015.pdf. Acesso em: 10/06/2014.

PNAD - Programa Nacional de Desenvolvimento, Pesquisa Nacional Por Amostra de Domicílios. Realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2002. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/10102003pnad2002html.shtm>. Acesso em 30/01/2012.

PRATES, J. E. Controles associados à distribuição espacial de precipitação no verão em Minas Gerais: aspectos isográficos e meteorológicos. 1994. 160 f. Tese (Doutorado em Ciências Atmosféricas) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL - LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS . Ministério de Minas Gerais e Energia Secretaria de Geologia, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, Brasil. 2010. Disponível em: www.cprm.gov.br. Acesso em 01/04/2014.

QUADRO, M. F. L. Estudo de episódios de zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – INPE, Universidade São Paulo, São José dos Campos, 1994.

QUADRO, M. F. L., SILVA DIAS, M. A. F., HERDIES, D. L., GONCALVES, L. G. G. Análise Climatológica da Precipitação e do Transporte de Umidade na Região da ZCAS Através da Nova Geração de Reanálises. *Revista Brasileira de Meteorologia* , v.27, p.152 - 162, 2012.

RACINE, J. B., RAFFESTIN, C., RUFFY, V. Escala e ação, contribuição para uma interpretação do mecanismo da escala na prática da Geografia. *Rio de Janeiro*, 45 (1): 123 – 135, jan/mar., 1983.

REIS, R. J.; LADEIA, L. C. O. La Niña em Minas Gerais. *Caderno de Geografia*, Belo Horizonte, v.9, n.12, p. 42-46, 1999.

ROPELEWSKI, C. F. & HALPERT, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño-Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 115, pp. 1606-1626, 1987.

ROPELEWSKI, C. F. & HALPERT, M. S. Precipitation Patterns Associated with the High Index Phase of the Southern Oscillation. *J. Climate*, Vol. 2, pp. 268–284, 1989.

ROUQUAYROL Z. M., Almeida-Filho N. *Epidemiologia e Saúde*. Guanabara Koogan. 6ª Edição, 2009.

ROUQUAYROL, M. Z. KERR-PONTES, L. R. S. A Medida da Saúde Coletiva. In: ROUQUAYROL, M. Z. (Org.). *Epidemiologia e saúde*. 4ªed. Rio de Janeiro: MEDSI, 1993.

SAADI, A. Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais (tensões intraplacas, descontinuidades crustais e morfogênese). Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1991.

SAMPAIO, G. O. O El Niño e você: O Fenômeno Climático. Transtec Editorial, 116p., 1999.

SANT'ANNA NETO, J. L. A climatologia dos geógrafos: a construção de uma abordagem geográfica do clima. In: *Uma geografia em movimento*. 1ed. São Paulo: Expressão Popular, v.1, p. 295-318, 2010.

SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis.

Revista Brasileira de Climatologia, Ano 7 – Vol. 8 – JAN-JUN, 45 P., ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica). 2011.

SATYAMURTY P. & MATTOS L. F. Climatological Lower Tropospheric Frontogeneis in the Midlatitudes Due to Horizontal Deformation and Divergence. *Monthly Weather Review*, 117: 1355–1364, 1989.

SATYAMURTY, P.; MATTOS L. F.; NOBRE C. A.; SILVA DIAS P. L. Tropics – South America. In: *Meteorology of the Southern Hemisphere*, Ed. Kauly, D. J. and Vincent, D. G., Meteorological Monograph. American, Meteorological Society, Boston, 119–139, 1998.

SEMAD, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2013. Disponível em: www.semad.mg.gov.br/. Acesso em: 30/02/2014.

SENA, J. P. O., MELO, J. S., LUCENA, D. B., MELO, E. C. S. Comparação entre Dados de Chuva Derivados do Climate Prediction Center e Observados para a Região do Cariri Paraibano. *Revista Brasileira de Geografia Física* 02 (2012) 412-420. 2012. Disponível em: www.ufpe.br/rbgfe. Acesso em 20/03/2014.

SILVA, A. E. Variabilidade da Circulação e Umidade no Regime de Monção da America do Sul. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em <http://www.iag.usp.br/pos/sites/default/files/d_ana_e_silva.pdf>. Acesso em: 20/02/2014.

SILVA, V. B. S. & BERBERY, E. H. Intense Rainfall Events Affecting the La Plata Basin. *J. Hydrometeor.*, Vol. 7, pp. 769–787. Doi: 10.1175/JHM520.1, 2006.

SILVA, V. B. S. AND KOUSKY, V. E. The South American Monsoon System: Climatology and Variability, *Modern Climatology*, Dr. Shih-Yu Wang (ed.), ISBN: 978-953-51-0095-9, In Tech, 2012. Disponível em: <http://www.interchopen.com/books/modern-climatology/the-south-american-monsoon-system-climatology-and-variability>. Acesso em: 15/04/2014.

SILVA, V. B. S.; KOUSKY, V. E.; SHI, W.; HIGGINS, R. W. An improved gridded historical daily precipitation analysis for Brazil. *J. Hydrometeor.*, 8, 847–861, 2007.

SOUZA, V. M. M.; BRANT, J. L.; ARSKY, M. L. S.; ARAÚJO, W. N. Avaliação do Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica da Leptospirose – Brasil, 2007. *Cad. Saúde colet.*, Rio de Janeiro, 18 (1): 95 – 105 pp., 2010.

STRETEN, N. A. Some characteristics of the satelliteobserved bands of persistent cloudiness over the Southern Hemisphere. *Monthly Weather Review*, v. 101, n. 6, p. 486-495, June 1973.

TALARICO, D. C. Leptospirose e pluviosidade: uma análise de Salvador-BA. *Jornada de Engenharia Sanitária e Ambiental – JESAM*, 05 A 07 de Dez., Salvador-BA, 2013.

TAVARES NETO, J., ANDRADE, J., HOFER, E., OLIVEIRA, G.F., COUTO JUNIOR, A. Freqüência de aglutininas para leptospira, observadas em habitantes de Uberaba, Minas Gerais. *Rev. Soc. Brasil. Med. Trop.* 29, p. 55-58, 1996.

VASCONCELLOS, F. C. Variabilidade atmosférica associada a casos extremos de precipitação na Região Sudeste do Brasil. Dissertação (Mestrado) - São José dos Campos: INPE, 108p., (INPE-15226-TDI/1318), 2008.

VASCONCELOS, C. H.; FONSECA, F. R.; ZINI LISE, M. L.; ARSKY, M. L. N. S. Fatores ambientais e socioeconômicos relacionados à distribuição de leptospirose em Pernambuco, 2001–2009, Brasil. *Cad. Saúde Colet.*, Rio de Janeiro, 20 (1): 49-56 51, 2012.

VEYRET, I. Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007.

VIANELLO, R. L.; MAIA, L. F. P. G. Estudo preliminar da climatologia dinâmica do Estado de Minas Gerais. *Revista Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 6-8, 1986.

VILLELA, J. R. A zona de convergência do Atlântico Sul: novo fenômeno explica chuvas que marcaram o verão. *Scientific American Brasil*, p. 14-15, abr., 2003.

VIOLA, M. R.; MELLO, C.R.; PINTO, D.B.F.; MELLO, J.M. & ÁVILA, L.F. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. *R. Bras. Eng. Agríc. Amb.*, 14:970-978, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000900009>. Acesso em: 06/07/2013.

VIRJI, H. A Preliminary Study of Summertime Tropospheric Circulation Patterns over South America Estimated from Cloud Winds. *Monthly Weather Review*, v. 109, p. 599-610, 1981.

WEICKMANN, K. M. Intraseasonal circulation and outgoing longwave radiation modes during northern hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.*, 111, 1828-1858, 1983.

WEICKMANN, K. M., G. R. LUSSKY & J. E. KUTZBACH. Intraseasonal (30-60 day) fluctuations of outgoing longwave radiation and 250 mb streamfunction during northern winter. *Mon. Wea. Rev.*, 113, 941-961, 1985.

WIKIPEDIA, Demografia de Minas Gerais. 2012. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Demografia_de_Minhas_Gerais. Acesso em: 06/03/2014.

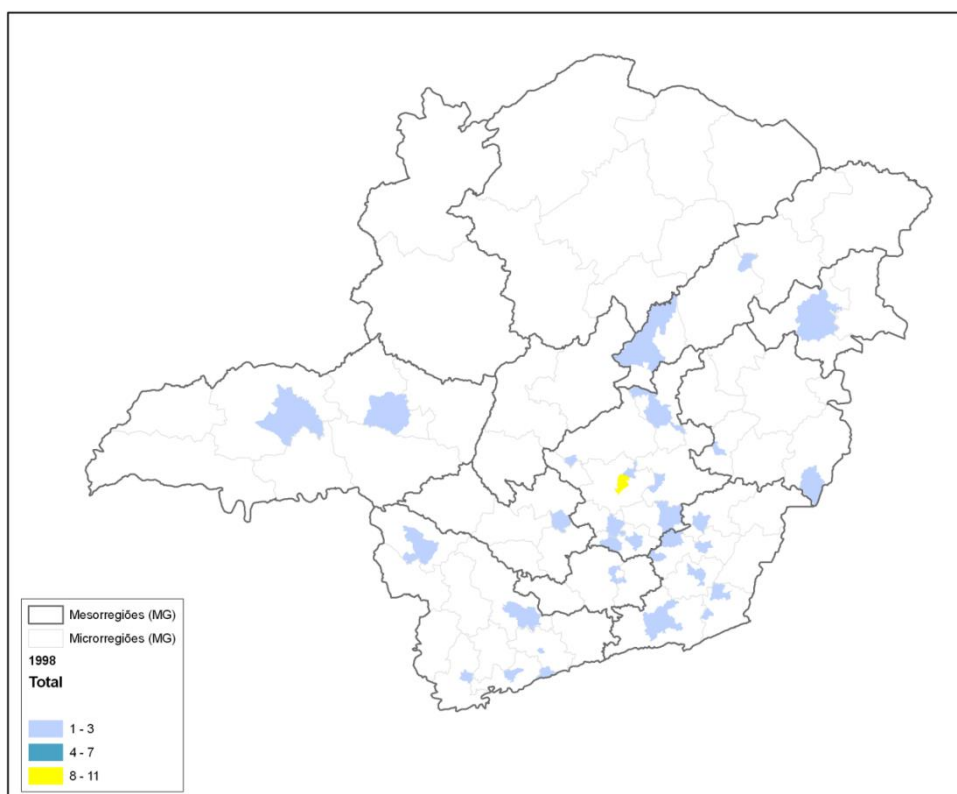
XIE, P.; CHEN, M.; SHI, W;. CPC unified gauge analysis of global daily precipitation. To be submitted to *Journal of Hydrometeorology*, 2010.

ZANELLA, M.A. Inundações Urbanas em Curitiba/PR: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental no Bairro Cajuru. Tese de Doutorado. Meio Ambiente e Desenvolvimento – UFPR, 2006.

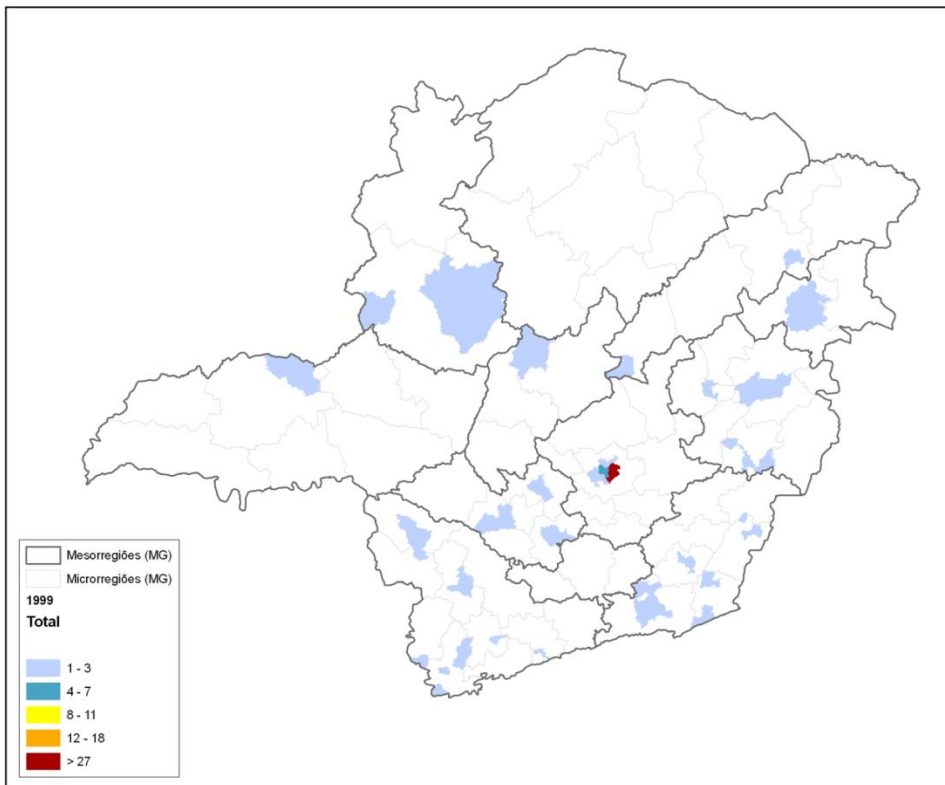
Zhou J, Lau K-M. Does a monsoon climate exist over South America? *Journal of Climate*. 11: 1020–1040, 1998.

APÊNDICE A

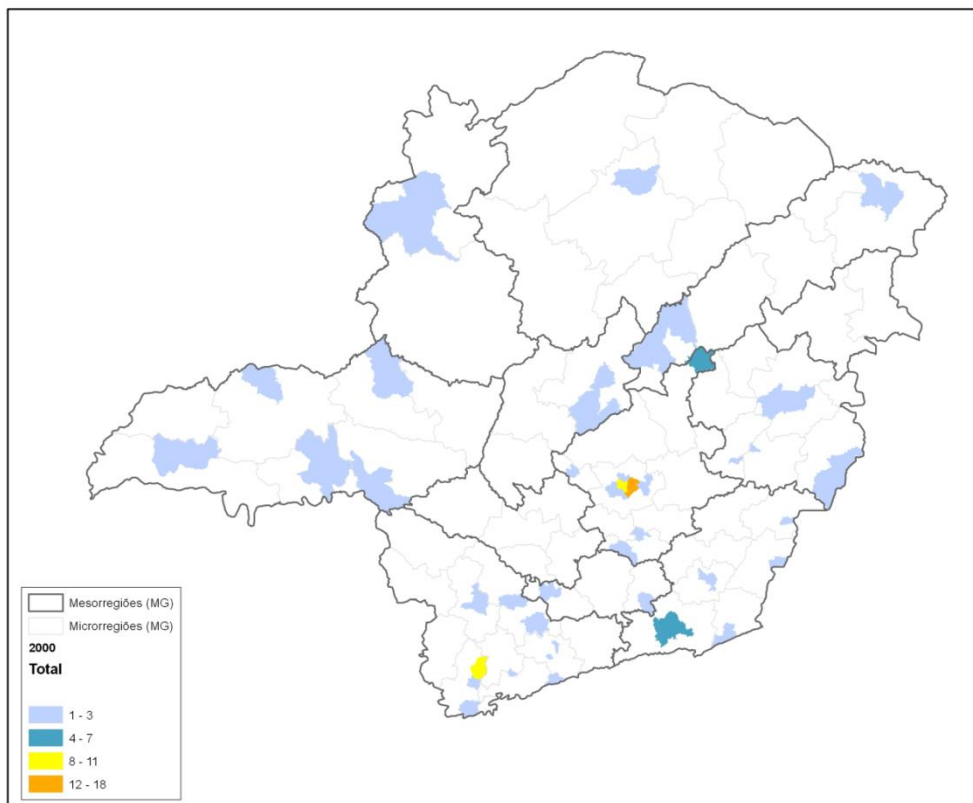
Espacialização Anual dos Casos de Leptospirose em Minas Gerais entre 1998 a 2012



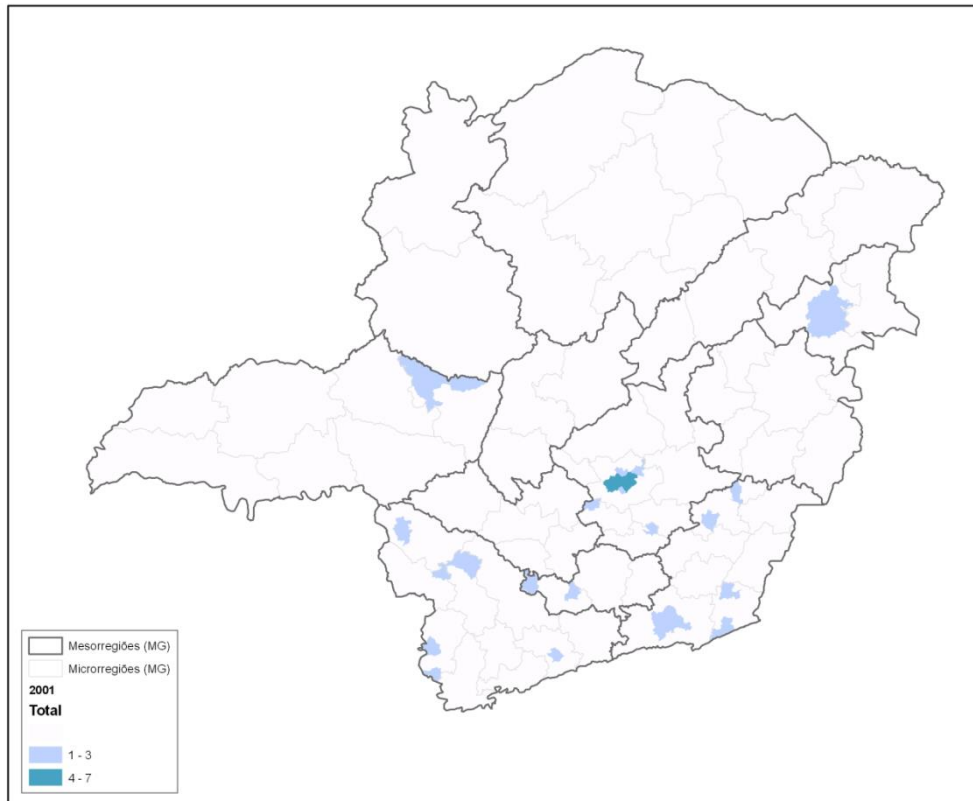
Mapa 1



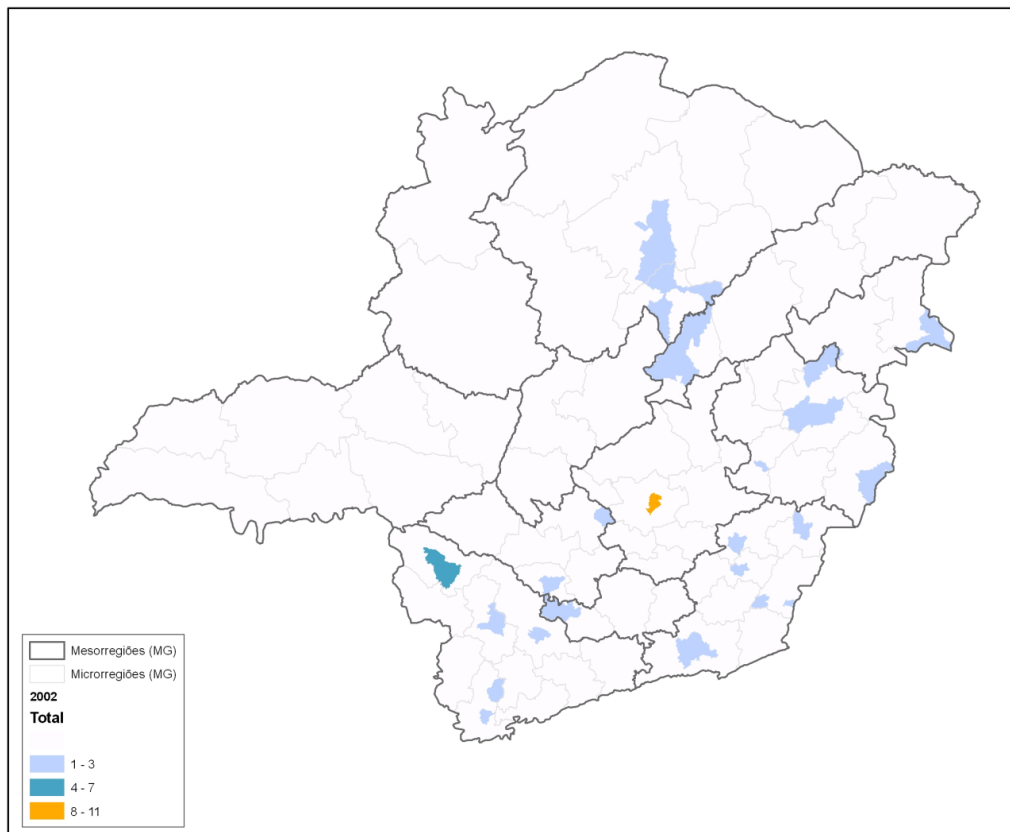
Mapa 2



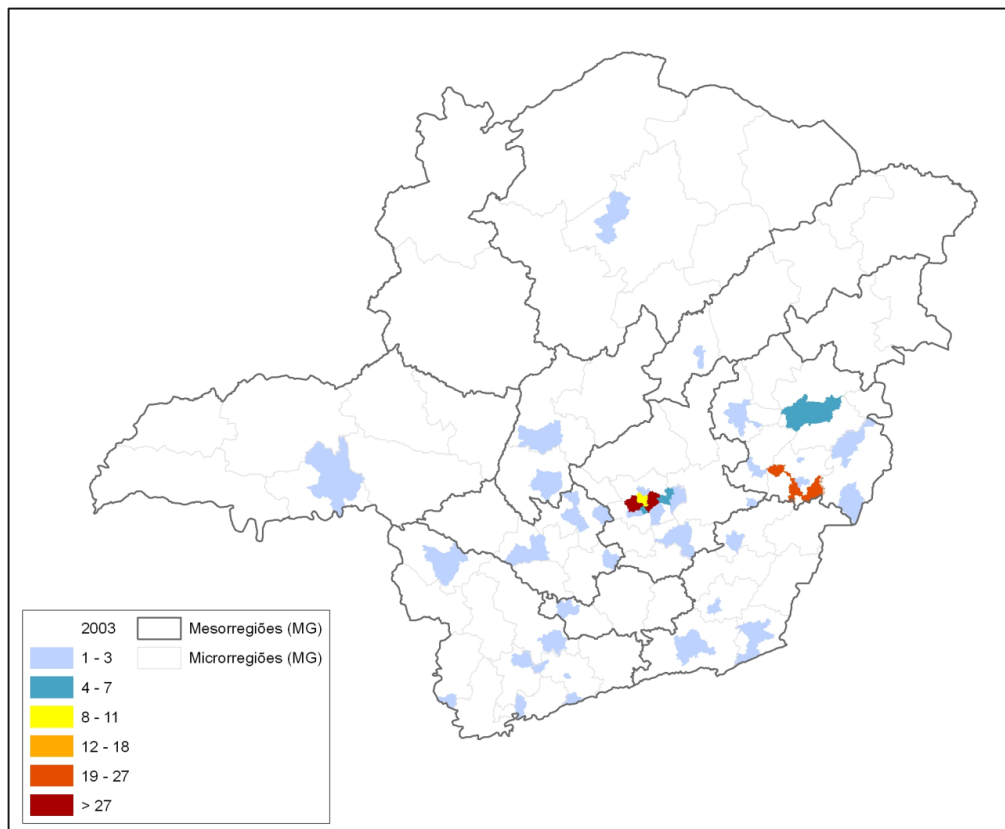
Mapa 3



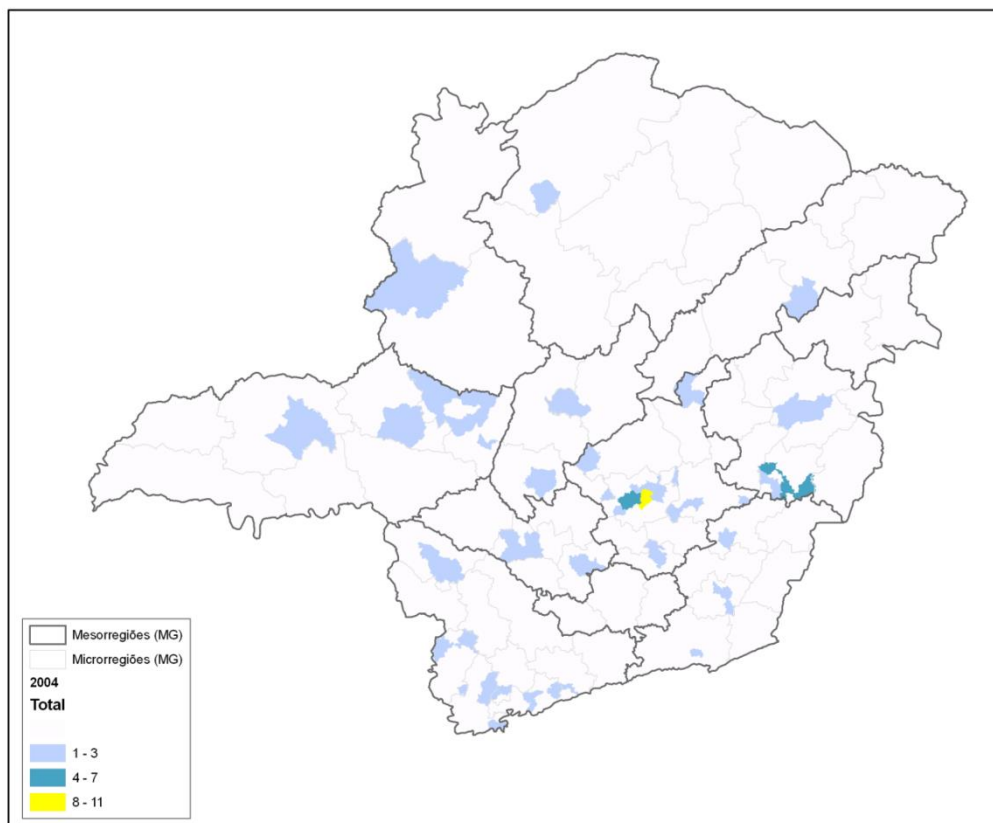
Mapa 4



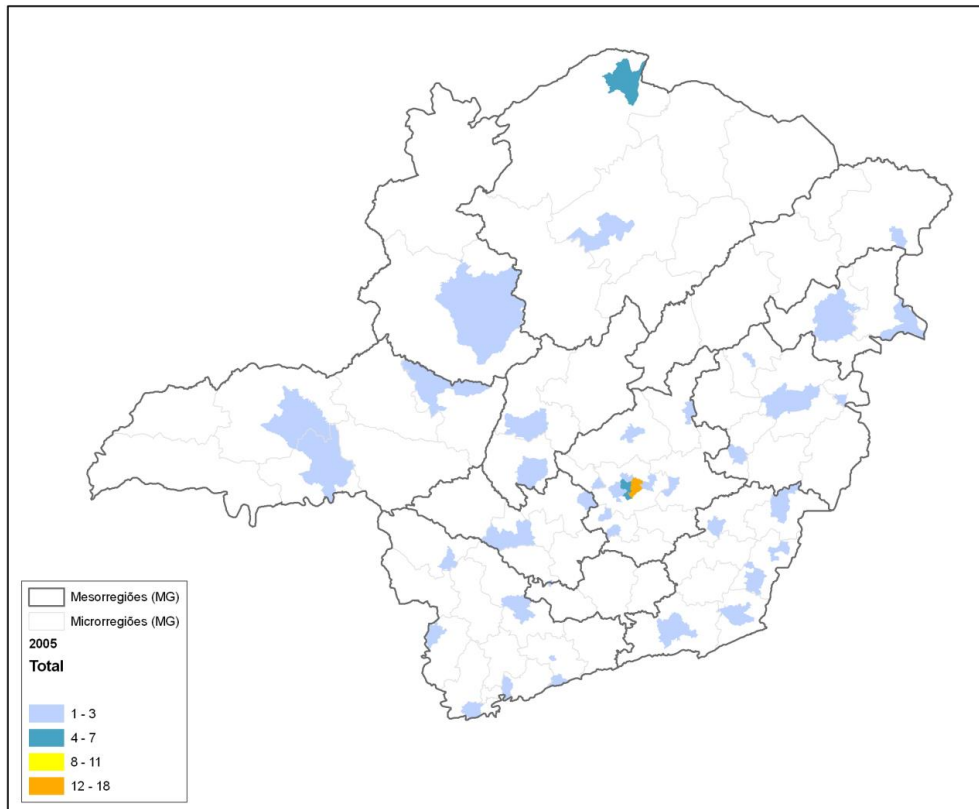
Mapa 5



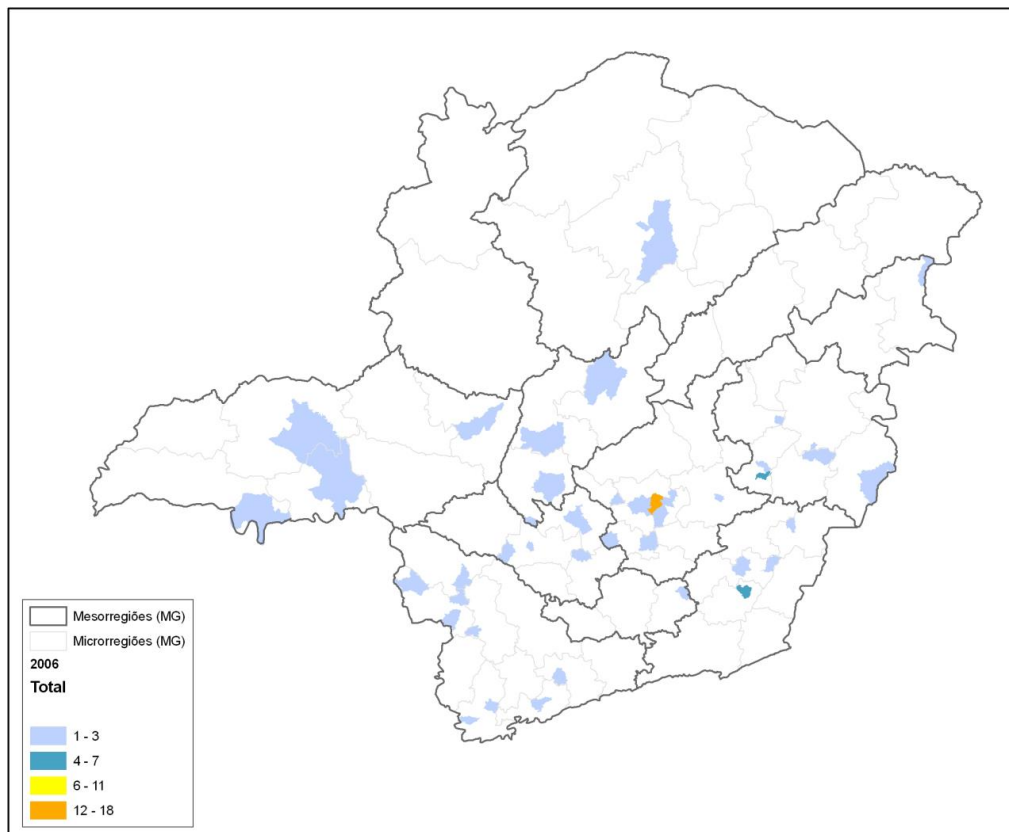
Mapa 6



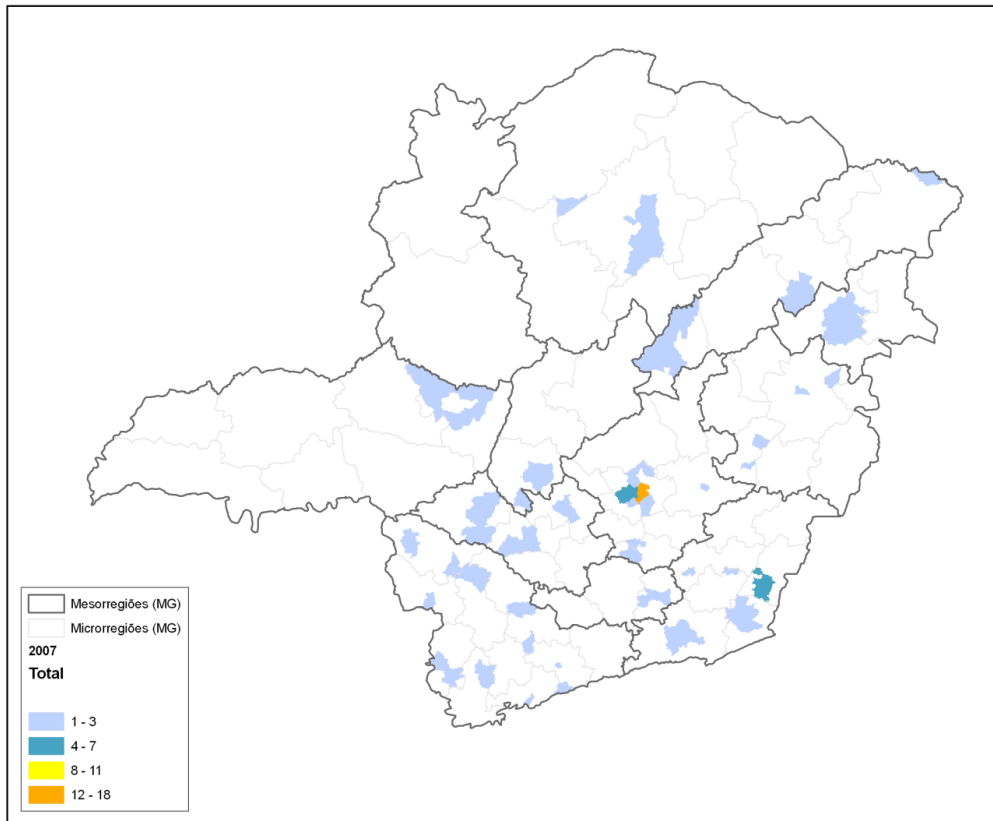
Mapa 7



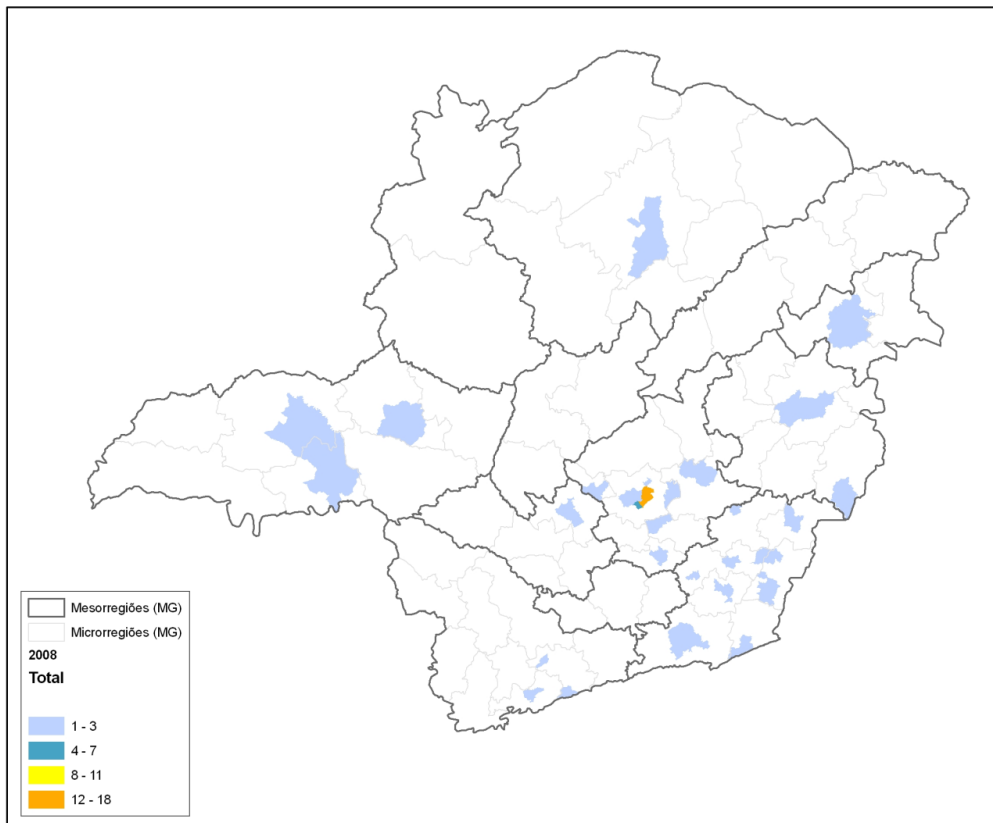
Mapa 8



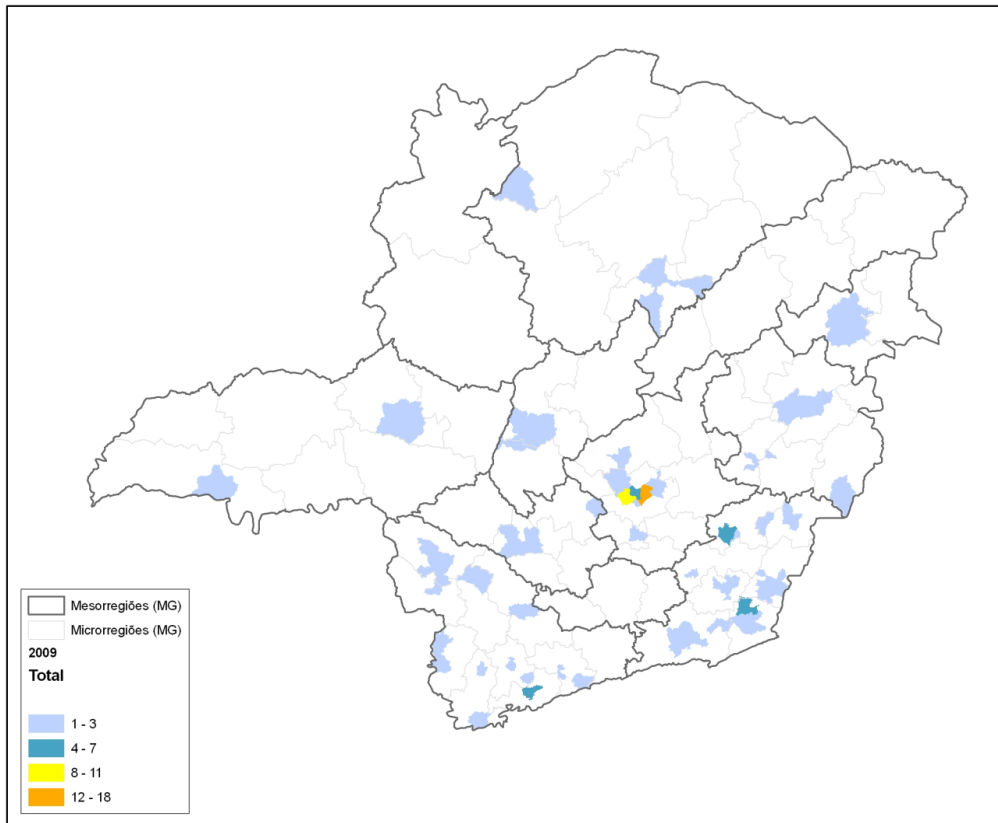
Mapa 9



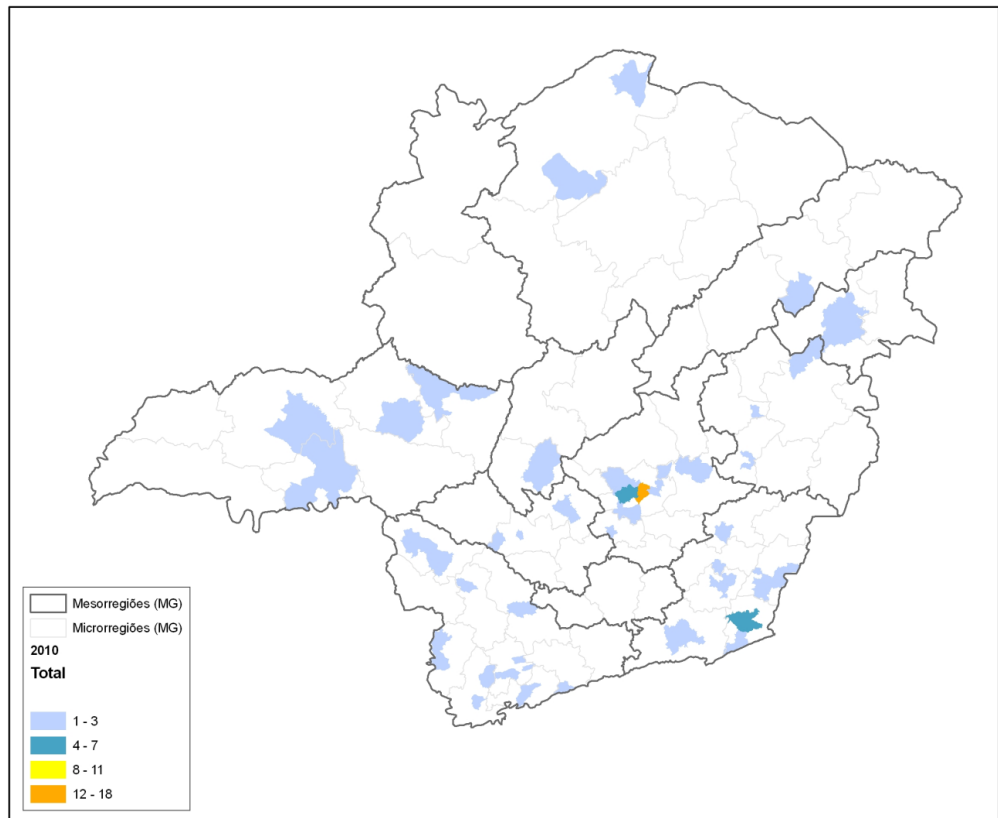
Mapa 10



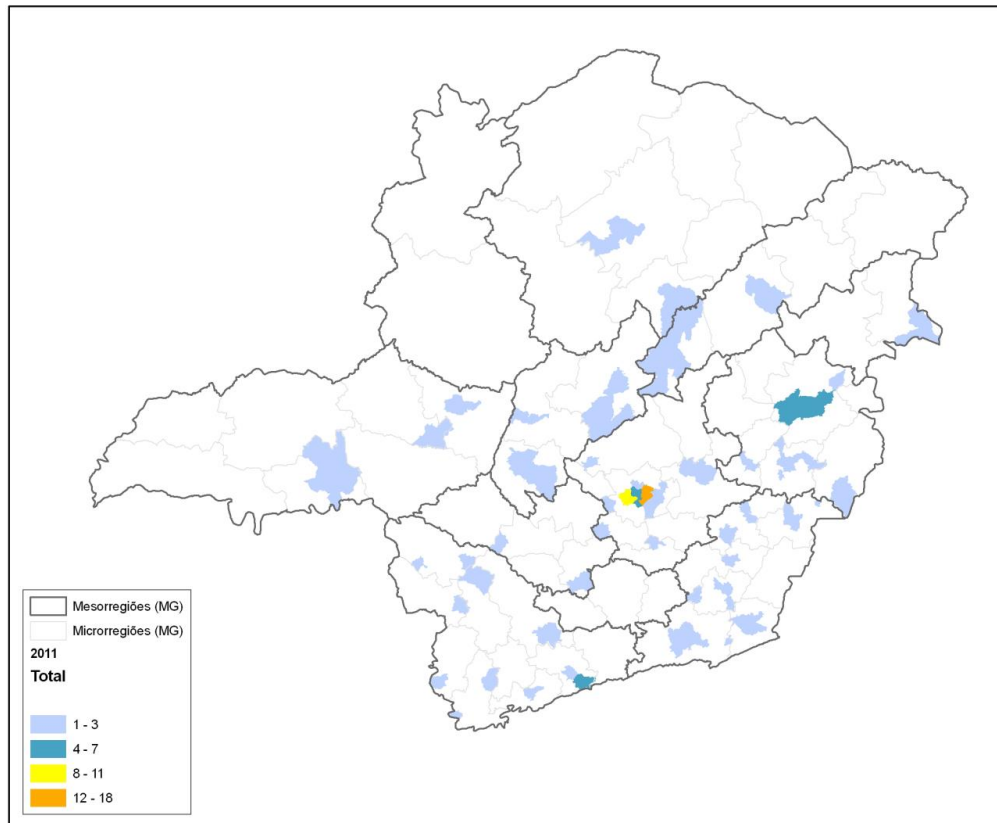
Mapa 11



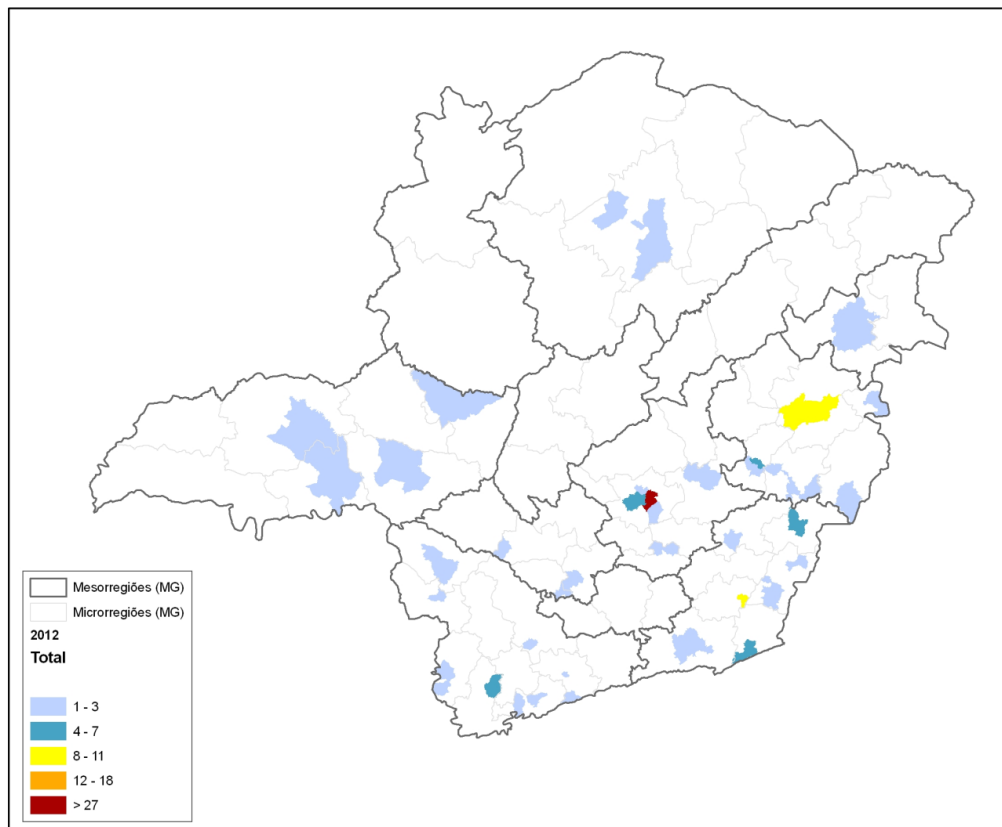
Mapa 12



Mapa 13



Mapa 14



Mapa 15