UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

CHUVAS E ESCORREGAMENTOS NA REGIÃO NOROESTE DA ÁREA URBANA DE JUIZ DE FORA – MG: uma abordagem genética em Climatologia

Lucas Barbosa e Souza

Orientador: Prof. Dr. João Afonso Zavattini

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – Área de Concentração em Análise da Informação Espacial, para a obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Rio Claro (SP)
2003

Comissão Examinadora

_____

_____

_____

_____

- Lucas Barbosa e Souza -

Rio Claro, _____ de _____ de _____

Resultado: _____

Em memória de D. Rita Pereira,
que partiu antes de ver este sonho concretizado

Agradecimentos

Inúmeras pessoas contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho. Sem elas, tudo seria mais difícil:

- Ao Professor Doutor João Afonso Zavattini, pelas horas dedicadas, paciência e confiança. Amigo para o resto da vida. Ah, à Lucélia também, sempre gentil ao telefone;
- À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo grande auxílio prestado a este trabalho, através da concessão de bolsa de estudo;
- Ao Professor Luiz Alberto Martins, que me abriu as primeiras portas para a Climatologia. Outro amigo inesquecível;
- Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNESP/Rio Claro, que sempre estavam por perto;
- Aos professores do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Juiz de Fora, especialmente Prof. Luiz Fernando Soares de Castro;
- Ao Dr. Marcos Norberto Boin, pelo grande número de sugestões oferecidas no exame de qualificação e pela disponibilidade em ajudar sempre;
- Ao Professor Antônio Carlos Tavares, que também teceu valiosas considerações durante o exame de qualificação;
- A todos os colegas de graduação da Universidade Federal de Juiz de Fora;
- Às amigas do mestrado (a ordem alfabética me salva...): Ana Paula de Lima e Silva, Cristiane da Silva Ramos, Helen Cano, Iara Nocenti André, Juliana Ramalho Barros, Lussandra Martins e Vera Campos;
- À Maíca, cujo cafezinho sempre moveu as máquinas de pensar;
- Aos demais funcionários do Instituto de Geocências e Ciências Exatas da UNESP/Rio Claro, especialmente à Elen, pessoal da Biblioteca, Departamento de Geografia e da Seção de Pós-Graduação;
- Aos eternos amigos e companheiros de casa, André Bonini e Thiago Salomão de Azevedo. Além das ajudas no trabalho, sempre estiveram dispostos a ouvir e compartilhar minhas tristezas e alegrias;

- Ao amigo Prof. Cristiano B. Santos, com quem sempre tenho conversas produtivas, pelo auxílio nos trabalhos de campo;
- Ao pessoal do Departamento de Defesa Civil da Prefeitura de Juiz de Fora, pela atenção e disponibilidade de dados preciosos;
- Ao pessoal do Instituto de Meteorologia da UNESP/Bauru pela concessão das cartas sinóticas;
- À minha família querida, Neusa, Damião e Marcos, pela motivação, apoio e infra-estrutura para o trabalho. Sem vocês nada disso teria acontecido;
- À Jéssica, minha noiva, cuja importante presença durante a finalização deste trabalho me proporcionou uma motivação sem precedentes. Ah, a correção do texto também é dela.

Sumário

Índice..... i

Lista de Figuras..... ii

Lista de Tabelas..... iv

Resumo..... v

Abstract..... vi

I – Introdução..... 1

II – Referencial Teórico..... 3

III – Métodos, Técnicas e Materiais..... 32

IV – Resultados e Discussão..... 42

V – Considerações Finais..... 132

VI – Referencias Bibliográficas..... 134

VII – Bibliografia..... 139

VIII – Anexos..... 141

Índice

I – Introdução..... 1

II – Referencial Teórico..... 3

2.1 A Climatologia Dinâmica e o Paradigma do Ritmo..... 3

2.2 Riscos Ambientais e Movimentos Gravitacionais de Massa..... 8

2.3 O Crescimento Urbano e a Ocupação de Áreas Inadequadas à Urbanização.. 16

2.4 Análise Temporal e Espacial dos Riscos Geológicos e sua Aplicação no Planejamento Ambiental..... 19

2.4.1 Análise Temporal e Previsão de Acidentes..... 20

2.4.2 Análise Espacial e Zoneamentos de Suscetibilidade..... 23

2.4.3 Algumas possibilidades de contribuição da Climatologia Dinâmica aos estudos de riscos geológicos ligados aos movimentos de massa..... 27

III – Métodos, Técnicas e Materiais..... 32

IV – Resultados e Discussões..... 42

4.1 Principais Aspectos Físicos do Quadro Regional..... 42

4.2 O Clima Regional..... 52

4.3 Principais Aspectos do Quadro Local..... 76

4.4 O Problema da Ocupação de Encostas e os Escorregamentos na Região Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora – MG..... 87

4.5 Análise dos Padrões Anuais e do Regime Mensal de Pluviosidade..... 93

4.6 Correlação entre as Ocorrências de Defesa Civil e a Pluviosidade..... 104

4.7 O RITMO CLIMÁTICO EM JUIZ DE FORA – MG: seqüências de tipos de tempo, pluviosidade e ocorrências de acidentes na Região Noroeste da Área Urbana - Primavera – Verão de 1996/1997 e de 1999/2000..... 106

4.8 Balanço Comparativo dos Índices Gerais de Participação dos Sistemas Atmosféricos e da Gênese Pluvial nos Períodos de Primavera – Verão de 1996/1997 e de 1999/2000..... 125

V – Considerações Finais..... 132

VI – Referências Bibliográficas..... 134

VII – Bibliografia..... 139

VIII – Anexos..... 141

Lista de Figuras

1. Proposta de Classificação dos Riscos Ambientais 8
2. Múltiplos efeitos da precipitação em uma vertente de alta permeabilidade 14
3. Localização dos postos pluviométricos na região de estudo..... 35
4. Localização da Região de Estudo no Sudeste Brasileiro..... 43
5. Principais Cidades, Vias de Circulação e Rede de Drenagem da Região de Estudo 44
6. Principais Classes de Solos da Região de Estudo 45
7. Unidades Geológicas e Sistema de Falhamentos da Região de Estudo 47
8. Domínios Morfoestruturais e Divisões Geomorfológicas da Região de Estudo 48
9. Hipsometria da Região de Estudo 50
10. Modelo Topográfico da Região de Estudo..... 51
11. Temperatura Média Anual na Região de Estudo (1961 – 1990)..... 53
12. Temperatura Mínima Média Anual na Região de Estudo (1961 – 1990)..... 54
13. Temperatura Máxima Média Anual na Região de Estudo (1961 – .1990)..... 55
14. Precipitação Média Anual na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 57
15. Precipitação Média Anual (1982 – 1995) e Topografia da Região de Estudo..... 57
16. Precipitação Média de Primavera na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 58
17. Precipitação Média de Primavera (1982 – 1995) e Topografia da Região de Estudo..... 58
18. Precipitação Média de Verão na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 59
19. Precipitação Média de Verão (1982 – 1995) e Topografia da Região de Estudo..... 59
20. Precipitação Média de Outono na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 60
21. Precipitação Média de Outono (1982 – 1995) e Topografia da Região de Estudo..... 60
22. Precipitação Média de Inverno na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 61
23. Precipitação Média de Inverno (1982 – 1995) e Topografia da Região de Estudo..... 61
24. Precipitação Média de Janeiro na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 63
25. Precipitação Média de Fevereiro na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 63
26. Precipitação Média de Março na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 64
27. Precipitação Média de Abril na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 64
28. Precipitação Média de Maio na Região de Estudo (1982 – 1995) 65
29. Precipitação Média de Junho na Região de Estudo (1982 – 1995) 65
30. Precipitação Média de Julho na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 66
31. Precipitação Média de Agosto na Região de Estudo (1982 – 1995) 66
32. Precipitação Média de Setembro na Região de Estudo (1982 – 1995) 67
33. Precipitação Média de Outubro na Região de Estudo (1982 – 1995) 67
34. Precipitação Média de Novembro na Região de Estudo (1982 – 1995) 68
35. Precipitação Média de Dezembro na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 68
36. Número Médio Anual de Dias Chuvosos na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 69
37. Número Médio de Dias Chuvosos na Primavera na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 70
38. Número Médio de Dias Chuvosos no Verão na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 70
39. Número Médio de Dias Chuvosos no Outono na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 71
40. Número Médio de Dias Chuvosos no Inverno na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 71
41. Densidade Média Anual da Precipitação na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 73
42. Densidade Média da Precipitação de Primavera na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 74

43. Densidade Média da Precipitação de Verão na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 74
44. Densidade Média da Precipitação de Outono na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 75
45. Densidade Média da Precipitação de Inverno na Região de Estudo (1982 – 1995)..... 75
46. Área Urbana do Município de Juiz de Fora / MG e Setores de Planejamento (PJF, 1996)..... 77
47. Setor Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora / MG – Regiões Urbanas (PJF, 1996)..... 78
48. Reg. Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora / MG – CARAC. FÍSICO-AMB. E OCUP. URBANA 80
49. Região Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora / MG – MODELO TOPOGRÁFICO 81
50. Região Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora / MG – DECLIVIDADE 82
51. Região Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora / MG – EXPOSIÇÃO DE VERTENTES 83
52. Setor Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora / MG – LITOLOGIA 84
53. Local de Escorregamento no Bairro Vila Melo Reis, em março/2000 90
54. Local de Escorregamento no Bairro Santa Cruz, em janeiro/1997 90
55. Local de Escorregamento no Bairro Ponte Preta, em janeiro/1997 91
56. Local de Escorregamento no Bairro Vila Esperança I, em fevereiro/1999 91
57. Local de Escorregamento no Bairro Vila Esperança II, em dezembro/2000 92
58. Local de Escorregamento no Bairro Jóquei Clube, em janeiro/1997 92
59. Desvio Padrão da Precipitação Anual em Juiz de Fora / MG – 1973 / 1999 93
60. Análise de Agrupamento da Precipitação Anual e Desvios – Padrão (1973 – 1999)..... 94
61. Regime Mensal das Chuvas em Juiz de Fora / MG – 1973 / 1999 95
62. Precipitação na Região de Estudo – 1982..... 97
63. Precipitação na Região de Estudo – 1983..... 97
64. Precipitação na Região de Estudo – 1984..... 98
65. Precipitação na Região de Estudo – 1985..... 98
66. Precipitação na Região de Estudo – 1986..... 99
67. Precipitação na Região de Estudo – 1987..... 99
68. Precipitação na Região de Estudo – 1988 100
69. Precipitação na Região de Estudo – 1989..... 100
70. Precipitação na Região de Estudo – 1990..... 101
71. Precipitação na Região de Estudo – 1991..... 101
72. Precipitação na Região de Estudo – 1992..... 102
73. Precipitação na Região de Estudo – 1993..... 102
74. Precipitação na Região de Estudo – 1994..... 103
75. Precipitação na Região de Estudo – 1995..... 103
76. Gráfico de Correlação entre as Ocorrências Registradas pela Defesa Civil e a Precip. Acumulada 105
77. Participação dos Sistemas Atmosféricos (%) Primavera – Verão 1996/1997 126
78. Participação dos Sistemas Atmosféricos (%) Primavera – Verão 1999/2000..... 126
79. Gênese Pluvial (%) Primavera – Verão 1996/1997..... 127
80. Gênese Pluvial (%) Primavera – Verão 1999/2000..... 128

Lista de Tabelas

1. Tipos de Fluxos Polares e suas Conseqüências Pluviais na Fachada Sul-Oriental do Brasil... 29
2. Lista dos Postos Pluviométricos Selecionados em Minas Gerais..... 33
3. Lista dos Postos Pluviométricos Selecionados no Rio de Janeiro..... 34
4. Referências para Preenchimento de Falhas de Dados Pluviais..... 36
5. Referências para Preenchimento de Falhas de Número de Dias Chuvosos..... 37
6. Setor Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora/MG – Serviços e Infra-Estrutura Urbana..... 85
7. Padrão Anual da Precipitação em Juiz de Fora/MG – 1973/1999..... 94
8. Índices de Correlação Calc. entre Tipos de Ocorrência e a Precipitação do Dia do Registro... 104
9. Correlação entre Pluviosidade Acumulada e Ocorrências Registradas pela Defesa Civil..... 105
10. Índices de Participação dos Sistemas Atmosféricos em Juiz de Fora – MG / Primavera – Verão / 1996 – 1997..... 107
11. Gênese Pluvial em Juiz de Fora – MG / Primavera – Verão / 1996 – 1997..... 107
12. Quadro de Atividade Frontal em Juiz de Fora – MG / Primavera – Verão / 1996 – 1997..... 107
13. Índices de Participação dos Sistemas Atmosféricos em Juiz de Fora – MG / Primavera – Verão / 1999 – 2000..... 116
14. Gênese Pluvial em Juiz de Fora – MG / Primavera – Verão / 1999 – 2000..... 116
15. Quadro de Atividade Frontal em Juiz de Fora – MG / Primavera – Verão / 1999 – 2000..... 116

Resumo

O enorme crescimento das cidades brasileiras verificado nas últimas décadas, aliado à dificuldade das camadas populares para a aquisição da moradia, tem contribuído para a constante ocupação de áreas inadequadas à urbanização, sujeitas aos riscos de movimentos de massa. Este grave problema social, potencializado pela falta de planejamento público, expõe, a cada verão, grande número de famílias a graves acidentes nas encostas. Por sua vez, os movimentos de massa, especialmente os escorregamentos, são fenômenos deflagrados pela precipitação. Dessa forma, o entendimento do ritmo climático e da dinâmica pluvial representa importante passo para a previsão e controle desses acidentes. A Região Noroeste da cidade de Juiz de Fora - MG constitui um local de intensa expansão urbana, onde a ocupação desordenada vem causando uma série de transtornos ambientais, inclusive a ocorrência de escorregamentos. Este trabalho tem como objetivo central o reconhecimento da dinâmica e da gênese pluvial em correlação com a ocorrência de escorregamentos na Região Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora. A abordagem parte da escala regional, através do entendimento das principais características climáticas do entorno da cidade de Juiz de Fora, passando-se a escala local, por intermédio da técnica de análise rítmica.

Palavras – chave: 1. Ritmo Climático 2. Dinâmica Pluvial 3. Escorregamentos

Abstract

The enormous growth of brazilian cities verified in the last decades, allied to the difficulty of the popular classes for the acquirement of the domicile, has contributed to the constant occupation of inappropriate areas for urbanization, liable to the risks of mass movements. This serious social problem, increased by the lack of public planning, exposes, every summer, a great number of families to serious accidents on the hillsides. Thus, mass movements, specially landslides, are phenomenons deflagrated by precipitation. Therefore, understanting the climatic rhythm and pluvial dynamics, represents an important step to prevent and control these accidents. The Nortwest Region of the city of Juiz de Fora – MG, constitutes a location of intense urban expansion, where disordered occupation has been provoking several enviromental disturbances, inclusively the occurence of landslides. This work has as a main purpose , the admission of the dynamics and pluvial genesis in the Nortwest Region of Juiz de Fora Urban Area. The approach begins from the regional scale, through the understanting of the main climatic charactiristics around the city of Juiz de Fora, passing to local scale, through the technique of the rhythmic analysis.

Key – words: 1. Climatic Rhythm 2. Pluvial Dynamics 3. Landslides

I - Introdução

A acentuada expansão das áreas urbanas nas últimas décadas, sobretudo nos países em desenvolvimento, tem sido orientada, entre outros aspectos, pela topografia e pela especulação imobiliária, delineando um quadro crônico de segregação sócio–espacial. Em decorrência deste fato, a ocupação desordenada de encostas íngremes e de demais terrenos inadequados à urbanização tem contribuído para uma exposição crescente de parcela da população aos riscos ambientais, em especial aos movimentos gravitacionais de massa. Manifestados em meio tropical, principalmente sob a forma de escorregamentos, esses movimentos têm causado a perda de inúmeras vidas humanas, além de grandes prejuízos econômicos ao longo dos anos.

Entre os diferentes modos de prevenção e controle de acidentes ligados aos movimentos de massa, destacam-se os zoneamentos de susceptibilidades e os planos preventivos de Defesa Civil (PPDC's). Em regiões já ocupadas, os zoneamentos podem auxiliar na definição de áreas prioritárias para atuação imediata, por intermédio de uma lógica espacial de condicionantes naturais ou antrópicos. Já em regiões ainda não urbanizadas, os zoneamentos podem apontar restrições de ocupação, em diferentes graus, no intuito de se evitar a incorporação de novas áreas sob riscos potenciais a acidentes naturais à malha urbana das cidades. Por sua vez, os planos preventivos de Defesa Civil atuam segundo uma lógica temporal dos fenômenos, buscando estabelecer níveis aceitáveis de convivência com os riscos ambientais já instalados em áreas ocupadas, por meio da previsão de situações perigosas.

Em ambas as formas de atuação, devido à enorme gama de elementos condicionantes dos processos de movimentos de massa, a análise conjunta dessas variáveis adquire fundamental importância, implicando diretamente no sucesso das medidas a serem adotadas. De acordo com FERNANDES & AMARAL (1995, p.186), "qualquer abordagem segmentada, ou seja, que enfoque o problema sob apenas um ângulo, dificilmente será capaz de compreender, de forma integrada, tais movimentos". Dessa forma, algumas considerações merecem destaque especial, como por exemplo o papel da água nos processos de instabilização e as variações da entrada desse elemento energético no sistema.

De maneira geral, a presença da água relaciona-se com a grande maioria dos casos de instabilização de encostas, sobretudo em meio tropical. Por esse motivo, entre outros fatores, torna-se essencial o conhecimento adequado da dinâmica pluvial em áreas sob riscos de movimentos de massa, por intermédio da distribuição espacial e temporal das chuvas.

Nesse contexto, a Climatologia Dinâmica, através de seus métodos peculiares, vem apresentando grandes avanços de conhecimento acerca dos ritmos climáticos e suas conseqüências pluviométricas. Dessa maneira, a inter-relação das informações relativas à gênese pluvial, aliada aos diferentes indicadores de seus impactos, pode apontar causalidades que deverão auxiliar a identificação da estrutura desses eventos naturais marcados pela excepcionalidade.

Juiz de Fora é uma cidade de porte médio, com cerca de 500 mil habitantes, localizada na região da Zona da Mata Mineira (porção Sudeste do Estado de Minas Gerais). O enorme crescimento verificado na periferia da cidade nos últimos anos, sobretudo por intermédio da ocupação de áreas de risco, constitui motivo de grande preocupação por parte da comunidade científica local. Nesse contexto, a Região Noroeste de sua Área Urbana se configura como o principal eixo desse crescimento, tendo boa parcela de suas encostas ocupadas pela população carente.

O presente trabalho, elaborado junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNESP/Rio Claro, tem como objetivo o reconhecimento da dinâmica e da gênese pluvial em Juiz de Fora – MG, em correlação com os registros de ocorrências ligadas a escorregamentos na Região Noroeste da Área Urbana da cidade. As análises partiram de uma abordagem em escala regional, tanto da distribuição espacial da precipitação como das demais características físicas do ambiente de entorno do município de Juiz de Fora. Em seguida, passando-se à escala local, foram verificados, por intermédio da técnica de análise rítmica (MONTEIRO, 1971), os sistemas atmosféricos e as seqüências pluviais indutores de escorregamentos na área de estudo, em uma análise temporal.

Pretende-se com este trabalho chamar a atenção para o problema da ocupação de encostas como alternativa ao profundo déficit habitacional que assola muitas cidades brasileiras na atualidade, além de oferecer subsídios pragmáticos para o planejamento ambiental na cidade de Juiz de Fora.

II – Referencial Teórico

2.1 A Climatologia Dinâmica e o Paradigma do Ritmo

A tradicional concepção analítico–separatista preconizada por Hann (1908, apud MONTEIRO, 1962, p.29), para o qual o clima constituía "o conjunto de fenômenos meteorológicos que caracterizam o estado médio da atmosfera em um ponto da superfície terrestre", dominou o cenário científico até meados do século XX. Em contraposição às suas idéias, SORRE (1951, p.32) propõe a reformulação do conceito de clima, como sendo "a série dos estados atmosféricos acima de um lugar, em sua sucessão habitual". Era então incorporada a noção de ritmo aos estudos climáticos, dando origem a uma nova climatologia, baseada em uma abordagem dinâmica da atuação dos sistemas atmosféricos e dos tipos de tempo produzidos.

No Brasil, a Climatologia Dinâmica teve suas bases fundamentais instaladas por intermédio da figura de MONTEIRO, cuja produção científica iniciou-se na segunda metade do século XX. Além das inspirações fornecidas pelas idéias de SORRE (op. cit), MONTEIRO empenhou-se em refinar a proposta de trabalho preconizada por Pedelaborde (1957, apud ZAVATINI, 1996, p.12), relativa ao "método sintético das massas de ar e dos tipos de tempo". No contexto da literatura brasileira, MONTEIRO se apoiou nas obras dos meteorologistas Adalberto Serra e Leandro Ratisbonna (apud ZAVATINI, 1996, p.11-18), cujos primeiros passos tinham sido dados em direção ao reconhecimento dos elementos da circulação do ar na América do Sul. Dessa forma, foram criadas em âmbito nacional as normas básicas que nortearam todo um conjunto de obras posteriores no campo da Climatologia, baseadas, a partir de então, na noção de ritmo climático.

No início de sua produção acadêmica MONTEIRO (1962) já tecia considerações a respeito da investigação da gênese e do ritmo climáticos, por intermédio do estudo das massas de ar e dos seus respectivos centros de ação. Naquela época MONTEIRO (1962, p.40) comentava a respeito: "conhecendo-se a gênese da circulação e o ritmo de sucessão dos tipos de tempo torna-se inadmissível aceitar que Santos tem o mesmo clima que Belém do Pará. É sabido que causas diferentes conduzem a resultados semelhantes". Dessa forma já eram perseguidos pelo autor (op. cit) os conceitos de domínio e controle das massas de ar sobre um determinado local, idéias que se consolidaram nos trabalhos seguintes.

Em pesquisa publicada por intermédio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), MONTEIRO (1963a) iniciou a aplicação dos conceitos e métodos discutidos até então, elaborando um estudo pioneiro sobre o clima da Região Sul do Brasil. Na ocasião, o autor (op. cit) procurou identificar seqüências típicas de tipos de tempo atuantes sobre a região de estudo, sempre baseado nos aspectos genéticos das massas de ar e estabelecendo relações com o complexo geográfico regional, capaz de influenciar diferentes individualizações locais.

Ainda no mesmo ano, foi publicado pela Revista Geográfica do Instituto Pan–Americano de Geografia e História um pequeno ensaio metodológico a respeito da análise de seqüências de cartas de tempo como subsídio aos estudos climáticos no campo da Geografia (MONTEIRO, 1963b). Conforme o autor (MONTEIRO, 1963b, p.178), ainda enfatizando a necessidade de uma caracterização genética do clima, "os índices ou expressões quantitativos só têm significação quando subordinados à concepção qualitativa". Dessa maneira, a visualização em série dos estados atmosféricos tornaria possível um melhor entendimento das manifestações climáticas em escalas de maior detalhe, denunciadas por seus aspectos mensuráveis e influenciadas pelos aspectos geográficos locais.

A respeito dos índices de participação das massas de ar para efeitos de classificação climática, MONTEIRO (1964) apresentou um estudo aplicado ao Estado de São Paulo, onde buscava apresentar a variação espacial das diferentes porcentagens de atuação das massas de ar. Tal estudo, auxiliar à caracterização dos ritmos climáticos regionais, foi integrado à concepção de um Atlas, somente publicado na década de 1970.

Em sua tese de doutorado, elaborada junto à Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH) da Universidade de São Paulo (USP), MONTEIRO (1969) procurou identificar as relações existentes entre a atuação da Frente Polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul–oriental do Brasil. Para tanto, classificou os diferentes fluxos polares observados ao longo da pesquisa e apresentou as primeiras considerações acerca das conseqüências pluviais decorrentes de cada tipo de fluxo. Tal trabalho, como será comentado adiante, apresenta, ainda hoje, um enorme potencial de contribuição aos estudos dos impactos pluviais, como referencial teórico–metodológico à abordagem das excepcionalidades climáticas.

A técnica da análise rítmica, também concebida por MONTEIRO (1971), representou outro importante passo rumo ao conhecimento da realidade climática brasileira. Sempre empregada em seus trabalhos de ordem aplicada, a análise rítmica consiste na "representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo" MONTEIRO (1971, p.09). Portanto, uma vez representados de forma conjunta, os elementos quantitativos e qualitativos do clima podem ser perfeitamente relacionados com as demais manifestações geográficas dotadas de registros temporais. A técnica da análise rítmica repercutiu de maneira bastante positiva em uma série de trabalhos posteriores, produzidos sobretudo no Estado de São Paulo, e ainda hoje é utilizada, beneficiando-se dos recursos computacionais disponíveis.

Publicado cerca de uma década após sua elaboração, o Atlas "A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo" MONTEIRO (1973) consagrou o conjunto de teorias e técnicas preconizadas pelo autor ao longo de sua obra. Nesse contexto, foi ainda introduzida a noção de "densidade da precipitação", índice de grande utilidade em trabalhos a respeito dos impactos pluviais. Também nesse trabalho (op. cit) foi proposto um cartograma de classificação climática de ordem genética e dinâmica para o Estado de São Paulo, com base nas diferentes taxas de participação e domínio dos sistemas atmosféricos em suas diversas regiões.

Já em sua tese de Livre Docência, também realizada junto à FFLCH da USP, MONTEIRO (1976) estabelece as principais diretrizes para os estudos de clima urbano, calcado na famosa Teoria Geral dos Sistemas de Berthalanffy. Nesta obra (op. cit), foram tratados os canais de percepção das características climáticas no interior do espaço urbano, destacando-se aquelas excepcionalidades ligadas aos impactos meteóricos, indutores de inundações e movimentos de massa nas vertentes.

Entre as diversas contribuições deixadas por MONTEIRO para a Climatologia brasileira, destacam-se ainda a obra "Clima e Excepcionalismo" MONTEIRO (1991) e o recente trabalho "O Estudo Geográfico do Clima" MONTEIRO (1999). Neste último, foi estabelecida pelo autor (op. cit) uma pertinente discussão a respeito das diferentes escalas de abordagem climática, bem como de

suas principais inter-relações e referenciais cartográficos. Dessa forma, permanece evidente a importância da caracterização em nível regional como condição essencial para o entendimento das dinâmicas locais em Climatologia, aspecto muitas vezes ignorado em inúmeros trabalhos na atualidade.

A influência da obra de MONTEIRO atingiu uma série de pesquisadores que, por sua vez, propagaram e ampliaram suas idéias, alcançando assim um significativo desenvolvimento nas diferentes possibilidades de aplicação concebidas pelo autor. Dessa forma, a partir da década de 1970, foram obtidos avanços em diferentes campos como, por exemplo, o da quantificação dos processos genéticos e dos sistemas de fluxos polares, o das propostas de classificação climática com base dinâmica, e das relações estabelecidas entre o ritmo climático e as atividades humanas e processos geográficos locais e regionais.

Na área de quantificação, destacou-se o trabalho de TARIFA (1975) a respeito dos diferentes tipos de invasões polares e suas conseqüências pluviais no período de primavera – verão no Estado de São Paulo. Conforme TARIFA (1975, p.77), "...da combinação rítmica dos diferentes tipos de fluxos polares e conseqüentes cadeias de tipos de tempo, atinge-se o condicionamento temporal das chuvas em diferentes graus de intensidade acima ou abaixo do habitual". Dessa maneira, por intermédio dos valores barométricos dos centros de ação, tornou-se possível identificar os diferentes índices de correlação com os totais pluviométricos observados em superfície. Aperfeiçoando as conclusões apresentadas por MONTEIRO (1969), TARIFA (1975) caminhou de forma significativa no processo de entendimento das excepcionalidades pluviais, sobretudo em termos de método.

Outro exemplo de continuidade à linha de pesquisa iniciada por MONTEIRO pode ser dado por intermédio do trabalho de ZAVATINI (1990), cuja contribuição se deu através da proposta de classificação climática, com base dinâmica, para o Estado do Mato Grasso do Sul. Utilizando-se dos recursos da análise rítmica baseada em anos–padrão, o autor (op. cit) traçou unidades sob controle de sistemas ou de conjuntos de sistemas atmosféricos específicos, detalhando suas características de ordem pluvial.

No campo das relações entre o complexo climático e as atividades humanas, pode ser tomado como exemplo o trabalho pioneiro de BARBIÉRE (1975), acerca do ritmo climático e da extração de sal na região de Cabo Frio – RJ. Nesse trabalho (op. cit.), foram integradas, por intermédio da técnica de análise rítmica, as

informações de ordem climática àquelas relativas ao fato geográfico estudado, sempre baseado em registros temporais. Dessa forma, foi evidenciada a possibilidade de tratamento de uma série inesgotável de fenômenos influenciados pelo ritmo climático, por intermédio de representações gráficas simultâneas.

No que diz respeito especificamente à questão dos acidentes naturais em áreas urbanas, destaca-se a contribuição de GONÇALVES (1992), que buscou desvendar as relações existentes entre os impactos pluviais e a desorganização do espaço de Salvador - BA, com ênfase na ocorrência de inundações e movimentos de massa. Finalmente, os resultados obtidos por BOIN (2000), na região do oeste paulista, representam exemplo de significativo progresso de conhecimento a respeito da influência do ritmo e da gênese pluvial nos processos erosivos observados em superfície.

Além dos exemplos apresentados anteriormente, em relação aos diferentes temas desenvolvidos no âmbito da Climatologia Dinâmica brasileira, destacam-se ainda os trabalhos de BARRIOS (1987), CONTI (1975), RIBEIRO (1975), SANT'ANA NETO (1990), SARTORI (1979), TAVARES (1974), TITARELLI (1972) e TOLEDO (1973). De fato, os avanços mais significativos foram alcançados com base em uma estrutura sólida, construída a partir da década de 1960, aliada à incorporação de métodos e técnicas advindos principalmente da Estatística. Mais recentemente, com o grande desenvolvimento das ferramentas computacionais, novas técnicas têm sido incorporadas às pesquisas em Climatologia, a exemplo dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) e da Geoestatística. Esses fatores fornecem às análises futuras um enorme potencial para a aquisição de informações úteis ao planejamento ambiental em suas diferentes escalas.

No caso específico dos riscos ambientais, especialmente dos movimentos gravitacionais de massa, podem ser visualizados enormes potenciais para pesquisas, por intermédio das bases teórico–metodológicas legadas pela Climatologia Dinâmica no Brasil. Especialmente por meio da teoria dos fluxos polares (MONTEIRO, 1969) e da técnica de análise rítmica (MONTEIRO, 1971), podem ser melhor entendidos esses fenômenos marcados pela excepcionalidade, sejam eles de ordem natural ou induzida pela ocupação humana.

2.2 Riscos Ambientais e Movimentos Gravitacionais de Massa

Em uma concepção geral, os riscos ambientais podem ser subdivididos em grupos menores de riscos ligados a fenômenos específicos, conforme a proposta de classificação apresentada por CERRI & AMARAL (1998, p.302) na Figura 01:

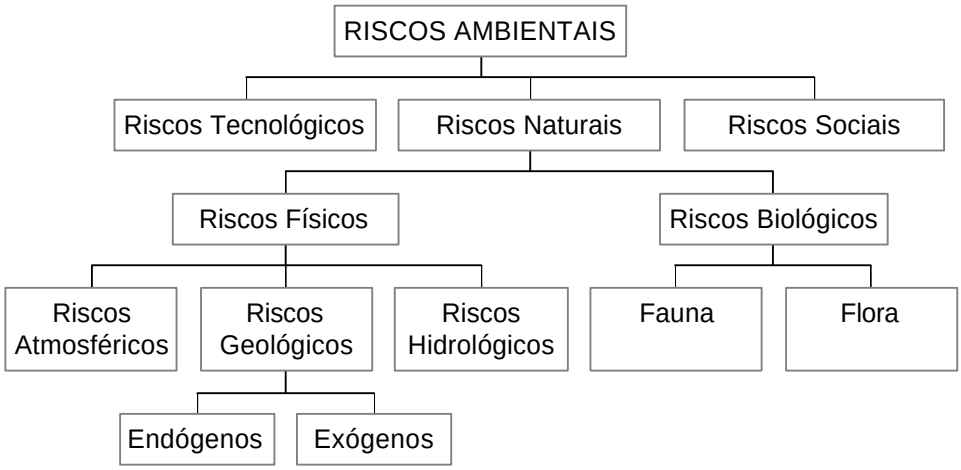


Figura 01 – Proposta de Classificação dos Riscos Ambientais (CERRI & AMARAL, 1998, p.302)

Dentro do universo dos chamados riscos ambientais encontram-se os riscos tecnológicos, os riscos naturais e os riscos sociais. No primeiro grupo, enquadram-se, por exemplo, aqueles acidentes ligados aos vazamentos de produtos tóxicos ou contaminantes, acidentes nucleares etc. Já no grupo dos riscos naturais, são observados os acidentes ligados aos fenômenos naturais, como as chuvas fortes, os furacões, os terremotos, os movimentos de massa etc. Finalmente, no grupo dos riscos sociais, encontram-se os problemas ligados aos assaltos, atos terroristas, seqüestros, guerras etc.

Por sua vez, os riscos naturais se subdividem em riscos ligados ao ambiente físico e ao ambiente biológico. Os primeiros são representados pelos riscos atmosféricos, pelos riscos geológicos e pelos riscos hidrológicos. Já os riscos biológicos podem ser divididos em riscos ligados à fauna e em riscos ligados à flora.

Conforme CERRI (1993, p.158), entende-se por risco geológico a "circunstância ou situação de perigo, perda ou dano, ao homem e a suas propriedades, em razão de uma condição geológica ou da possibilidade de ocorrência de processo geológico, induzido ou não". Entre os riscos geológicos, que

constituem um tipo de risco natural físico, podem ser identificados dois tipos específicos: os riscos geológicos endógenos (terremotos, atividade vulcânica) e os riscos geológicos exógenos, que abrigam os movimentos de massa, tais como os escorregamentos, as quedas de blocos, os fluxos e os rastejos.

Segundo BRUNSDEN (1979, p.130), *"the general term mass movements is applied to those processes that involve a transfer of slope-forming materials from higher to lower ground, under the influence of gravity, without the primary assistance of a fluid transporting agent"*. Se por um lado a definição de tais movimentos é bastante clara, as diferentes formas de análise têm possibilitado a elaboração de inúmeros sistemas classificatórios. Dessa forma, o tipo de material movimentado, a velocidade do fenômeno, sua mecânica, causa ou características geométricas constituem, entre outros fatores, os critérios mais comuns para a formulação das classificações.

No intuito de apresentar um exemplo, entre as diversas propostas existentes para a classificação dos movimentos de massa, foi selecionada a proposta clássica de BRUNSDEN (1979, p.199) que, a nosso ver, baseia-se em um número mais expressivo de variáveis, conforme as características mais marcantes de cada processo. Para o autor (op. cit), *"the external controls of mass movement, namely, geology, climate, hidrology, slope geometry and vegetation are so complex that there is an almost infinite variety of mass movement forms and rigorous classification may never be possible or desirable"*. Dessa forma, devemos interpretar e empregar com cautela qualquer sistema classificatório, observando sempre os critérios utilizados em sua elaboração.

A seguir, são apresentadas as linhas gerais da classificação proposta por BRUNSDEN (op. cit) para os movimentos gravitacionais de massa:

QUEDAS

Quedas de rocha ou solo envolvem o movimento livre de material ao longo de uma encosta íngreme. O tamanho e a forma da massa movimentada dependem da natureza das descontinuidades do material de origem, do seu estado de intemperismo e da geometria da encosta. As principais causas deste processo encontram-se ligadas às variáveis climáticas (dinâmica pluvial e variações térmicas) e às características das superfícies de alteração, responsáveis pela preparação do material movimentado.

1. Quedas ocasionadas por falhamentos planos: Ocorrem em locais de estruturas ou camadas planas ordenadas paralelamente em vertentes expostas de alta declividade. A estabilidade do material é determinada pelos valores de coesão, fricção do plano de descontinuidade e pressão interna do conjunto. A ocorrência de queda livre ao longo da encosta torna-se responsável por sua diferenciação dos escorregamentos em rocha.
2. Quedas ocasionadas por falhamentos em cunha: Ocorrem a partir da interseção de duas descontinuidades, em forma de cunha. A estabilidade do material envolvido é determinada pelo mesmo conjunto de fatores dos falhamentos planos.
3. Quedas ocasionadas por falhamentos em blocos: Ocorrem a partir do desenvolvimento de descontinuidades ou rachaduras verticais, paralelas à face rochosa, que induzem o rompimento do material sob o formato de colunas.

Aliados aos processos de quedas descritos anteriormente encontram-se os tipos catastróficos, de alta magnitude e baixa freqüência, denominados no idioma inglês como "*major rock slides*". Nestes casos, o evento ocorre normalmente sob a forma inicial de uma falhamento plano, sucedido por fluxos ou avalanches de lama e material inconsolidado, que percorrem distâncias consideráveis a partir do local de movimento.

ESCORREGAMENTOS

Os escorregamentos são movimentos relativamente rápidos em que a ruptura ocorre ao longo de uma ou mais superfícies discretas, as quais limitam ou definem a massa movimentada. Assim como os escorregamentos em rocha, podem ocorrer processos em solo, sob as formas de escorregamentos planares/ translacionais, escorregamentos de material inconsolidado, escorregamentos rotacionais (movimentos profundos de massa), escorregamentos de lama ou ainda movimentos de formas complexas ou múltiplas.

1. Escorregamentos Planares ou Translacionais: Ocorrem após a saturação do solo em períodos de fortes chuvas e em mantos inconsolidados que apresentem permeabilidade decrescente com a profundidade. As superfícies de ruptura

encontram-se nos horizontes mais impermeáveis ou mesmo na interface com a rocha sã. É necessário que o intemperismo tenha reduzido a resistência em uma provável superfície de ruptura, com profundidade suficiente para que ocorra o movimento. Estes processos também podem variar conforme o comprimento da superfície e da massa deslocada, bem como do estado final do material, que pode permanecer parcialmente coeso ou se desintegrar.

2. Escorregamentos de Material Inconsolidado: Ocorrem a partir de uma ruptura inicial, sob a forma planar, ou, mais freqüentemente, rotacional. Com um choque inicial, a mistura ou interação do material com o ar ou a água induz o seu comportamento fluido e viscoso, alcançando grandes velocidades durante o movimento.
3. Escorregamentos Profundos: Ocorrem em materiais, sobretudo argilosos, em que o incremento da tensão excede o incremento da resistência, de acordo com a profundidade. Dessa forma, um ponto crítico é alcançado, deflagrando a ruptura com geometria côncava. Em materiais rochosos, podem ocorrer descontinuidades estruturais ou mudanças abruptas na resistência, fatores que podem gerar escorregamentos compostos por superfícies côncavas e planas de ruptura, de forma simultânea e complexa.

   a). Escorregamentos Rotacionais Simples: Apresentam uma superfície côncava de ruptura e geralmente ocorrem em material argiloso homogêneo. O raio da forma resultante (cicatriz) depende do relevo local, da magnitude do movimento e das fissuras e planos de ruptura pré–existentes. Este tipo de escorregamento se desenvolve com baixas velocidades (aproximadamente 5 mm./s.) e podem ser precedidos ou sucedidos por movimentos sob a forma de rastejo, além de ocorrer em massas previamente movimentadas.

   b). Escorregamentos Rotacionais Múltiplos: Configuram-se como uma série de escorregamentos, em que as superfícies côncavas decorrentes dos movimentos encontram-se ligadas tangencialmente a uma linha de ruptura comum. Ocorrem em encostas altas e íngremes, bastante erodidas em sua base.

   c). Escorregamentos Rotacionais Sucessivos: Ocorrem em superfícies argilosas extremamente fissuradas e possuem aparência similar aos sucessivos terracetes formados pelos processos de rastejo de solo. Também representam o último estágio de degradação de encostas por escorregamentos.

4. Escorregamentos de Lama: Movimentos em massas alongadas de material argiloso e leve, gerado por meio de escorregamentos anteriores em superfícies de cisalhamento bem definidas. Podem ocorrer em alguns casos sob formas mais ou menos alongadas, com proporção comprimento/largura variando de 5 a 17 vezes.

FLUXOS

Os fluxos são designados como aqueles processos que envolvem o movimento de uma massa saturada de grãos sólidos, argila, água e ar, com distribuição ou estrutura relativamente homogênea. Atingem altas velocidades, podendo chegar a cerca de 90 m/s, devido à sua fluidez. Este tipo de movimento ocorre em áreas de material inconsolidado, de vegetação esparsa e com suprimento hídrico forte e irregular.

1. Fluxos Catastróficos: Caracterizados pelo rápido incremento de água e material, traduzindo uma energia potente de descarga a altas velocidades, podendo também ser denominado de avalanche.
2. Fluxos Simples de Vertentes: Assumem conseqüências bem menos catastróficas, apresentando velocidades relativamente mais baixas.
3. Fluxos de Vales Fechados: Ocorrem em áreas de alta dissecação fluvial e os fluxos se concentram nos cursos d'água existentes na área.

RASTEJOS

Os rastejos são um conjunto de movimentos lentos nas encostas, podendo envolver solo ou rocha. São movimentos imperceptíveis, exceto quando observados ou acompanhados por um período longo de tempo.

1. Rastejos Contínuos: Movimentos ligados essencialmente à ação gravitacional
2. Rastejos Sazonais: Movimentos ligados ao processo de expansão e contração do material de origem, além de outros processos de ocorrência sazonal.
3. Rastejos Aleatórios: Movimentos geralmente induzidos por atividades específicas, como trânsito de animais, obras em taludes etc.

4. Gelifluxão: Movimentos ligados à presença de gelo ou neve, não necessariamente de forma permanente.

De maneira geral, a estabilidade das vertentes é condicionada por agentes que atuam externa e internamente, modificando os sistemas de força e resistência. Entre os principais condicionantes internos destacam-se: o cisalhamento e o falhamento progressivo; o acamamento e a xistosidade; as características pedológicas e a composição mineralógica local. Já entre os fatores externos, destacam-se as mudanças geométricas na vertente (naturais ou induzidas), o aumento ou diminuição de sua sobrecarga e a ação pluvial e dos demais fatores climáticos (intemperismo físico).

Entre as principais interferências antrópicas indutoras de instabilizações, destacam-se: a remoção da cobertura vegetal, o lançamento e a concentração de águas servidas, a presença de fossas, a execução de cortes e aterros com geometria inadequada, o lançamento de entulho ou lixo nas encostas e as vibrações decorrentes do tráfego pesado ou de explosões.

Sobretudo nas regiões tropicais, os efeitos decorrentes da atuação das chuvas são responsáveis pela quase totalidade dos fenômenos observados, por intermédio do incremento no sistema de força e do enfraquecimento do sistema de resistência do manto superficial, de acordo com os princípios da mecânica dos solos (Figura 02). De fato, de 15 agentes responsáveis pela instabilização de encostas, listados por CASTELLO & POLIDO (1986, p.37), 11 estão relacionados com a presença da água. A este respeito, AUGUSTO FILHO & VIRGILI (1998, p.250) enfatizam que " as chuvas relacionam-se diretamente com a dinâmica das águas de superfície e subsuperfície e, portanto, influenciam a deflagração dos processos de instabilização de taludes e encostas". Da mesma forma, CRUZ (1974, p.156) comenta que "as chuvas funcionam como agente lubrificante rompendo o equilíbrio dessas massas detríticas que são deslocadas encosta abaixo".

Entre os principais modos de atuação da água nos processos de instabilização de encostas em meio tropical destacam-se:

- A redução das tensões de sucção, causando a eliminação da coesão aparente;
- A elevação do nível d'água pré–existente e o encontro com a frente de saturação;

- O estabelecimento de linhas de fluxo subterrâneo, entre camadas de solo com permeabilidade decrescente com a profundidade;
- O aumento de peso da massa detrítica;
- O preenchimento de fendas, provocando o surgimento de pressões hidrostáticas em solos e rochas fraturadas.

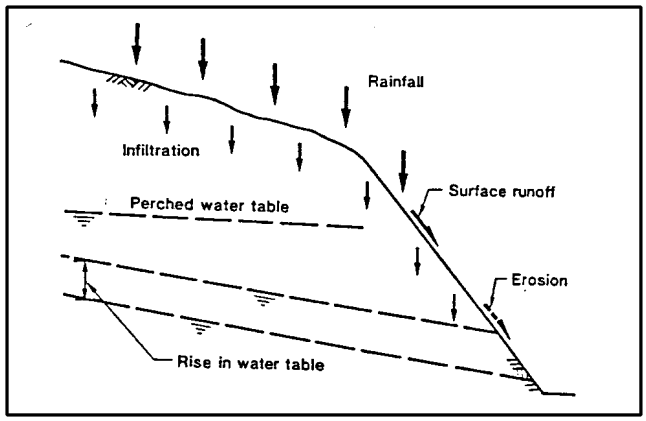


Figura 02 – Multiplos efeitos da precipitação em uma vertente de alta permeabilidade (BRAND, 1995, p.2042)

No tocante ao papel da chuva na deflagração dos movimentos, torna-se importante considerar que processos diferentes muitas vezes são induzidos por condições distintas de pluviosidade, especialmente quanto à sua distribuição temporal. No entanto, são escassas as informações a respeito das relações entre o comportamento das chuvas e a ocorrência de tipos específicos de movimentos de massa. De maneira geral, conforme o conjunto da bibliografia pesquisada, os processos de instabilização em solos parecem depender de forma significativa dos valores pluviométricos acumulados nos dias anteriores à ruptura. Tais valores seriam responsáveis pela preparação do terreno à ocorrência do movimento, por intermédio do aumento progressivo das taxas de umidade e do avanço das linhas de saturação no solo. Por sua vez, os processos de instabilização em corpos rochosos estariam mais suscetíveis à atuação isolada de chuvas concentradas em poucas horas, mesmo sem um histórico pluviométrico registrado nos dias anteriores.

Dessa forma, para o entendimento do fenômeno em sua totalidade, torna-se imprescindível a identificação do material movimentado (rocha, solo, ou ambos) e de suas relações com o comportamento temporal das precipitações. Para TATIZANA et all (1987, p.235), “a distribuição de chuva é uma importante variável no

ciclo hidrológico, com influências na taxa de saturação do solo e no desenvolvimento de fenômenos instantâneos, como desenvolvimento de linhas de fluxo, subpressão e erosão". Nesse contexto, também adquire grande importância o conhecimento prévio de algumas características do solo, tais como sua permeabilidade e grau de saturação precedente, fatores que podem indicar a maior ou menor suscetibilidade para o desenvolvimento de processos de instabilização. Conforme demonstrado por WOLLE (1988, p.5.99), notáveis correlações foram estabelecidas entre precipitação, interceptação, grau de saturação inicial do terreno e avanço da frente de saturação em estudos realizados na Serra do Mar (SP). A relação apresentada pelo autor (op. cit) configura-se como grande reveladora nas análises causais entre pluviosidade e escorregamentos, introduzindo novos elementos até então pouco considerados por outros trabalhos brasileiros.

No âmbito da literatura pesquisada, não foram encontradas investigações que buscassem identificar as relações existentes entre chuvas e movimentos envolvendo material rochoso, provavelmente em decorrência de sua menor manifestação no território nacional. Já no que diz respeito aos fenômenos de escorregamentos em solos, destacam-se as contribuições oferecidas pelos pesquisadores da Divisão de Geologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

2.3 O Crescimento Urbano e a Ocupação de Áreas Inadequadas à Urbanização

O espaço das cidades configura-se como um reflexo da estrutura social que o modela. Por esse motivo, uma estrutura social dividida em classes torna-se produtora de um espaço urbano também dividido, marcado pelos diferentes usos e funções do solo e pela segregação sócio-espacial. Da mesma forma, em função das características dinâmicas e mutáveis da sociedade capitalista, o espaço urbano adquire também uma série de elementos dinâmicos, reflexos das relações de produção e das flutuações sócio–econômicas da atualidade.

Conforme CORRÊA (1989, p.11), "o espaço urbano capitalista – fragmentado, articulado, reflexo, condicionante social, cheio de símbolos e campos de lutas – é um produto social, resultado de ações acumuladas através do tempo, e engendradas por agentes que produzem e consomem espaço". Segundo o autor (op. cit) os principais grupos sociais responsáveis pela configuração do espaço das cidades são os proprietários dos meios de produção, os proprietários fundiários, os promotores imobiliários, o Estado e os grupos sociais excluídos.

Embora cada um desses agentes possua objetivos específicos a partir de sua atuação sobre o solo urbano, algumas características são capazes de agregá-los entre si. Dessa forma, pode ser identificado um primeiro grupo de agentes em comum, que atua sobretudo no sentido de extrair renda da terra. Este grupo pode ser exemplificado pelo conjunto formado pelos três primeiros agentes listados por CORRÊA (1989). Por sua vez, aos agentes ligados ao Estado seriam atribuídas as funções de regulação do uso do solo urbano, norteado, entre outros aspectos, pelo direito à moradia. Entretanto, muitas vezes o Estado mostra-se incapaz de executar suas funções, seja em decorrência da falta de recursos ou mesmo de benefícios concedidos indevidamente a grupos específicos. Finalmente, com papéis distintos permaneceriam aqueles agentes ligados aos grupos sociais excluídos, cuja função seria simplesmente a de assegurar condições mínimas para sua própria sobrevivência e reprodução.

O crescimento das cidades tem ocorrido com base na lógica de atuação desses agentes ou atores sociais. Dessa maneira, o solo urbano tem sido palco de um constante jogo de interesses, em que, na grande maioria das vezes, os resultados financeiros adquirem destaque no contexto das negociações. As parcelas de terra privilegiadas pela localização e pela presença de amenidades têm sido alvo

de grande valorização e, portanto, destinadas aos usos industriais e residenciais de alto padrão. Por outro lado, os terrenos desprovidos de potenciais locacionais ou ainda marcados por características físico–ambientais desfavoráveis adquirem baixa valorização, o que facilita a sua ocupação por parcelas sociais menos favorecidas.

O acesso à moradia tem sido alcançado ainda por intermédio de meios ilícitos de invasão de terrenos, tanto de domínio público quanto privado. Nesse caso, tornam-se alvos dos invasores as áreas protegidas por lei, inadequadas à urbanização e sujeitas aos riscos ambientais, e aquelas até então desocupadas por efeitos de especulação imobiliária. Em ambos os casos, a falta de infra–estrutura urbana torna-se característica marcante dessas áreas, o que compromete severamente a qualidade de vida e a segurança local.

O processo de favelização constitui um exemplo clássico da incorporação de áreas sob restrições ou proibições de ocupação. Conforme RODRIGUES (1994, p.40) “a favela surge da necessidade do onde e do como morar. Se não é possível comprar casa pronta, nem terreno e autoconstruir, tem-se que buscar uma solução. Para alguns essa solução é a favela”. Dessa forma, a inclusão das favelas na paisagem das cidades é decorrente de uma série de questões de ordem sócio–econômica, tais como as disparidades regionais e o desemprego.

No caso específico das áreas sujeitas às inundações e aos movimentos de massa, a ocupação é realizada com base em um nível aceitável dos riscos, mediante a necessidade de moradia. Nesse sentido, os benefícios obtidos pela habitação, mesmo em condições precárias, tornam-se compensadores em razão da probabilidade de ocorrência de um acidente. O risco constitui, dessa maneira, o preço pago em contrapartida do aluguel irrisório, do terreno de baixo valor ou mesmo desprovido de valor monetário, no caso das invasões.

O problema do crescimento acelerado das cidades, baseado em uma lógica de segregação, possui origens profundas de contexto social, econômico e cultural. Constitui ainda um desafio por parte da administração pública, como questão crônica e que se agrava profundamente diante das novas e modernas relações de produção.

O déficit crescente das habitações de qualidade continua sendo um problema brasileiro. Dessa maneira, qualquer tentativa de planejamento ambiental no meio urbano deve levar em consideração essa realidade, procurando abranger os

mais diversos setores da sociedade e da administração pública, como forma de atuação conjunta e multidisciplinar, além de oferecer alternativas viáveis de sobrevivência e reprodução social à parcela de população atingida pelo projeto.

2.4 Análise Temporal e Espacial dos Riscos Geológicos e sua Aplicação no Planejamento Ambiental

O termo planejamento traz consigo a idéia de ordenamento de ações, para que sejam atingidos objetivos específicos em um determinado contexto. De acordo com ALMEIDA et all (1999, p.13) “como técnica administrativa moderna, o planejamento é um processo rigoroso de dar racionalidade à ação”. Um dos principais pressupostos de um plano diz respeito à correta opção por metas e objetivos a serem alcançados a curto, médio ou longo prazo. Dessa maneira, a elaboração de um plano deve obedecer o processo de raciocínio baseado em ações implementadas e suas reações ou resultados decorrentes.

No campo do planejamento ambiental, sobretudo quando aplicado a espaços urbanos, deve-se obedecer uma lógica irreversível de identificação dos diferentes papéis desempenhados pelos agentes produtores da cidade. Nesse contexto, a administração pública deve, em primeiro lugar, fazer valer o seu status de representação coletiva e atuar de forma a defender os reais interesses da população atingida pelos planos.

Sob o ponto de vista técnico, as diferentes formas de planejamento aplicadas ao meio urbano pressupõem uma série de pesquisas e levantamentos acerca dos fenômenos abordados, suas causas, lógicas de funcionamento, principais agentes e aspectos dinâmicos. Nesse sentido, faz-se necessário um correto diagnóstico do problema, o que muitas vezes requer a participação de um conjunto multidisciplinar de pesquisadores.

A avaliação precisa de todos os elementos envolvidos no processo implica diretamente no sucesso do plano a ser implantado. No contexto específico dos riscos ambientais ligados aos movimentos de massa, é desejável que se faça, entre outros aspectos, a identificação do tipo específico de processo e do tipo de material movimentado. A partir desta distinção, devem ser realizadas as correlações entre a dinâmica pluvial e os eventos ou acidentes registrados, uma vez que cada tipo de movimento se manifesta sob características físico–ambientais distintas, inclusive quanto à distribuição das chuvas.

O reconhecimento da dinâmica pluvial é condição essencial para o entendimento dos movimentos gravitacionais de massa, em especial no caso dos escorregamentos. Nesse contexto, são possíveis dois tipos específicos de

abordagens – uma com base na distribuição temporal das chuvas, para efeitos de previsão de acidentes, e outra baseada na sua distribuição espacial, para fins de zoneamentos ou estudos de suscetibilidade. A seguir serão demonstradas algumas possibilidades metodológicas de aplicação nos dois campos específicos de abordagem.

2.4.1 Análise Temporal e Previsão de Acidentes

No Brasil, este segmento específico da pesquisa tem se restringido ao campo da Geologia de Engenharia, para utilização em Planos Preventivos de Defesa Civil (PPDC's). Conforme CERRI & AMARAL (1998, p.308), esses planos permitem "a redução das conseqüências dos acidentes por meio da remoção preventiva e temporária da população instalada nas áreas críticas". Dessa forma, juntamente com o acompanhamento de alguns indicadores geológico–geomorfológicos no local monitorado, a previsão baseia-se na análise do comportamento temporal das chuvas, a partir de uma lógica simples de correlação e probabilidade.

Dentro da perspectiva tradicional de correlação entre chuvas e escorregamentos, o primeiro trabalho brasileiro de relevância foi sistematizado por GUIDICINI & IWASA (1976), objetivando a elaboração de cartas de periculosidade por intermédio de eventos pluviais específicos aliados aos totais pluviométricos acumulados ao longo do ano, para diferentes regiões. Segundo estes autores (GUIDICINI & IWASA, 1976, p.18), "episódios de chuva intensa superiores a aproximadamente 12% da pluviosidade média anual tendem a provocar escorregamentos. Para que tais episódios atinjam o caráter de catástrofe, é preciso que superem a 20% da pluviosidade média anual". Nesse caso, os antecedentes pluviométricos, pela primeira vez considerados para efeitos de previsão, referiam-se ao início do ano pluvial, estabelecido para cada região estudada. A partir desses pressupostos, foram introduzidas as noções de Coeficiente do Ciclo (total pluviométrico acumulado dividido pela média anual de pluviosidade), Coeficiente do Episódio (registro pluviométrico do episódio dividido pela média anual de pluviosidade) e Coeficiente Final (soma dos Coeficientes do Ciclo e do Episódio). Dessa forma, com base nesses coeficientes, foram traçadas graficamente faixas de probabilidades de ocorrência de processos de instabilização. No entanto, conforme

WOLLE (1988, p.5.51), os gráficos de periculosidade de GUIDICINI & IWASA (1976) “são bastante simplistas e pouco confiáveis, não resistindo a uma análise mais aprofundada de causa e efeito”. Os principais argumentos apresentados por WOLLE (op. cit) residem no fato da consideração concomitante de todos os processos de instabilização possíveis, independente dos mecanismos específicos de deflagração, e do longo período determinado para a consideração do acumulado de chuvas (podendo chegar a 1 ano).

Em trabalho realizado no município de Cubatão - SP, TATIZANA et all (1987, p.235) comentam que “o aumento de saturação do solo provoca uma diminuição na intensidade de precipitação suficiente para a deflagração de escorregamentos, numa razão não linear, mas geométrica". Dessa maneira, a partir do reconhecimento dos antecedentes pluviométricos podem ser determinados índices críticos, horários ou diários, para a deflagração de eventos. Conforme estes autores (op. cit.), o período de 4 dias foi apontado como ideal para o estudo do total acumulado de chuvas na região da Serra do Mar, mesmo número encontrado por TATIZANA et all (1993) em estudo realizado no município de Petrópolis – RJ.

Embora o resultado de 4 dias tenha se apresentado em ambos os estudos, é importante frisar que para cada região a ocorrência de movimentos de massa assume maior correlação com um período específico de chuvas acumuladas, dependendo das características do regime pluvial, das seqüências de tipos de tempo e das conformações geotécnicas. Nas regiões investigadas, o período encontrado relaciona-se com a atuação de frentes estacionárias e semi-estacionárias, que permanecem ativas de 3 a 4 dias, quase sempre produzindo chuvas em excesso.

Conforme observado no trabalho de TATIZANA et all (1987), a partir da identificação do melhor período para correlação, foram plotados em um gráfico todos os eventos pluviométricos registrados, envolvendo a intensidade horária e o acumulado dos dias antecedentes (4 dias), sendo que foram identificados através de uma simbologia aqueles eventos que provocaram escorregamentos na região de estudo. Dessa forma, tornou-se possível o ajuste de uma curva, por intermédio do método dos mínimos quadrados, separando eventos deflagradores e não deflagradores de instabilizações. Por sua vez, a equação obtida pela curva possibilitou a estimativa das intensidades necessárias para a ocorrência dos processos, em função dos valores acumulados. Dessa forma, o trabalho (op. cit) representou um importante passo no âmbito das correlações entre chuvas e

escorregamentos na literatura brasileira. Entretanto, apesar do reconhecido mérito alcançado pelos autores, algumas ressalvas são apontadas por WOLLE (1988, p. 5.53), especialmente em relação aos tempos considerados para o acumulado e para a precipitação deflagratória, fato que não invalida o referido trabalho.

Ainda no que diz respeito ao período para o estudo do acumulado de chuvas, autores como BRAND (1995) acreditam atualmente que, em função da alta permeabilidade encontrada facilmente nos solos tropicais, os índices antecedentes de precipitação não devem assumir tanta importância como se pensava. Em estudo realizado pelo autor (op. cit.), em Hong Kong, foi verificado que a maioria dos escorregamentos naquela área são induzidos por chuvas de curta duração e de alta intensidade, sendo que os eventos ocorrem geralmente algum tempo depois do pico de maior intensidade pluvial. Nestes casos, com o acréscimo da permeabilidade do solo, ficou evidenciado que os índices antecedentes assumem menor importância, em função da pequena quantidade de água retida ao longo dos perfis. Entretanto, as experiências brasileiras têm evidenciado o papel decisivo dos índices pluviométricos acumulados nos dias que antecedem os acidentes registrados, sendo que muitos autores contestam as afirmações de BRAND (1995).

Outra contribuição nacional para os estudos de correlação entre chuvas e escorregamentos foi oferecida por ELBACHÁ et all (1992) por intermédio de pesquisas realizadas na cidade de Salvador – BA. No trabalho desenvolvido, foram empregados os coeficientes determinados por GUIDICINI & IWASA (1976), além do método de TATIZANA et all (1987), também utilizando-se o período de 4 dias de acumulado de chuvas, fato que resultou no gráfico final representando a envoltória dos escorregamentos para a região estudada. Apesar de não apresentar novas concepções técnicas ou metodológicas, o trabalho realizado em Salvador constituiu um excelente teste para as proposições realizadas anteriormente, desta vez aplicadas a uma região com características físicas e pluviais distintas das áreas anteriores.

Apesar dos trabalhos de correlação entre chuvas e escorregamentos representarem uma importante ferramenta para o entendimento da dinâmica e a prevenção de acidentes, alguns problemas podem comprometer a qualidade dos resultados finais, tais como: a densidade insuficiente de postos pluviométricos, o desconhecimento da intensidade horária dos eventos chuvosos e o desconhecimento dos horários precisos dos acidentes. Da mesma forma, os valores

obtidos devem ser empregados com cautela, em função do grau de fragilidade de cada ambiente abordado. A este respeito, GONÇALVES (1992, p.223) comenta que "...o grau de vulnerabilidade da sociedade envolvida é fator primordial para que os eventos pluviais assumam ou não características de catástrofes ou calamidades". Entretanto, mesmo com restrições comuns a qualquer método científico, as correlações obtidas indicam relações matemáticas bastante significativas entre os eventos e processos estudados. Por esse motivo, constituem um instrumento valioso para o estabelecimento de uma convivência aceitável com riscos geológicos instalados, por intermédio de sua aplicação em planos preventivos.

No que diz respeito às diferentes abordagens do tema, CERRI (1993, p.76) comenta que "a relação qualitativa entre os escorregamentos e os índices pluviométricos intensos não é privilégio dos técnicos que atuam, ou atuaram em questões de instabilidade de encostas. Porém, o fato de determinadas chuvas causarem escorregamentos, enquanto outras não, parece não ter despertado muito a curiosidade dos técnicos, no sentido do desenvolvimento de estudos que buscassem uma correlação quantitativa entre tais eventos". Sob o ponto de vista dos índices de correlação, as poucas contribuições brasileiras têm se restringido ao universo de análise dos geólogos. No entanto, a participação crescente de geógrafos em estudos de riscos naturais tem evidenciado que importantes contribuições podem ser incorporadas, especialmente no que diz respeito à análise integrada de variáveis ambientais, com destaque para o elemento pluvial.

2.4.2 Análise Espacial e Zoneamentos de Suscetibilidade

As análises espaciais de suscetibilidade aos movimentos gravitacionais de massa têm se beneficiado, sobretudo nos últimos anos, das técnicas proporcionadas pela modelagem no campo dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG's).

Conforme definição de Calkins & Tomlinson (1977), citada por CHRISTOFOLETTI (1999, p.29), "um sistema de informação geográfica é um conjunto integrado de programas (software) especificamente elaborados para serem utilizados com dados geográficos, executando espectro abrangente de tarefas no manuseio de dados. Essas tarefas incluem a entrada, o armazenamento, a recuperação e os produtos resultantes do manejo dos dados, em adição à ampla

variedade de processos descritivos e analíticos". Dessa forma, os SIG's referem-se às informações distribuídas espacialmente, reportando-se aos fenômenos presentes na superfície terrestre e de seus respectivos atributos e medidas. Essas características fazem desses sistemas ferramentas bastante úteis nos processos de modelagem de dados espacializados.

Segundo CHRISTOFOLETTI (1999, p.18), os modelos no campo dos SIG's são de dois tipos básicos:

Modelos Cartográficos: "resultam da automação de técnicas manuais que tradicionalmente usam instrumentos de desenho e sobreposição de transparências". Como exemplo de um modelo cartográfico, temos a identificação da incidência simultânea de duas variáveis no espaço, por meio da técnica de sobreposição simples.

Modelos Espaciais: "são expressões das relações matemáticas entre variáveis mapeadas". Como exemplo de um produto gerado pela modelagem espacial, temos os mapas de riscos ou de susceptibilidades a escorregamentos, baseados na análise ponderada de um conjunto de condicionantes pré–determinado.

De fato, todo o conjunto de abordagens presentes nos SIG's compõem o que podemos chamar genericamente de *"modelagem espacial",* que conforme Fischer, Scholten & Unwin (1996), citados por CHRISTOFOLETTI (1999, p.30), "... está direcionada para a estruturação, funcionamento e dinâmica dos sistemas, incluindo espectro abrangente de modelos, referenciados como modelos sobre processos determinísticos e estocásticos e modelos de planejamento, nas disciplinas ambientais, e de modelos de localização – alocação, modelos de interação espacial, modelos de escolha espacial e de economia regional nas ciências sociais."

Uma das principais formas de trabalho, baseada nos princípios da modelagem e bastante empregada no campo dos riscos ambientais, é aquela realizada por intermédio dos modelos de suporte à decisão. Esses modelos se apresentam como instrumentos de auxílio à ação de planejadores, nas mais diversas esferas do conhecimento. Por intermédio de modelos decisórios, acessados a partir de sistemas convencionais, são realizados levantamentos que deverão sustentar intervenções mais coerentes no plano espacial.

Os modelos de suporte à decisão podem apresentar objetivos genéricos, baseados em procedimentos de ordem metodológica, conforme CHRISTOFOLETTI (1999, p.166), dentro de uma esfera de aplicações e abordagens a que estão destinados. Segundo o autor (op. cit), "o sistema genérico organiza uma arquitetura com ponto de partida para a solução de diversos problemas, mas possuindo sempre uma trajetória similar para as soluções pretendidas". Como exemplo de modelo de suporte à decisão voltado para objetivos genéricos, podemos citar o "Sistema de Análise Geo-Ambiental – SAGA", desenvolvido por XAVIER-DA-SILVA (1998), na Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Segundo CARVALHO FILHO & XAVIER-DA-SILVA (1993, p.616), os procedimentos de avaliação de riscos ambientais, com base nos modelos de suporte à decisão, fazem parte das chamadas *avaliações ambientais diretas* e "são aquelas que resultam da combinação imediata dos dados originalmente inventariados, isto é, são os primeiros resultados avaliativos obtidos com a combinação dos dados originais". Sob o ponto de vista do planejamento ambiental, as decisões relativas à localização/alocação de equipamentos e de usos específicos do solo urbano encontram-se diretamente subordinadas às noções de risco. Ainda conforme CARVALHO FILHO & XAVIER-DA-SILVA (1993, p.616-617), "estimativas de riscos de diversos tipos podem ser conjugadas, gerando assim a definição de áreas com diferentes níveis de risco ambiental, o que pode sinalizar quanto às áreas adequadas, intermediárias e também aquelas onde os riscos são insignificantes".

Os procedimentos de modelagem cartográfica e espacial para os estudos dos riscos ambientais estruturam-se basicamente em quatro níveis distintos de informação, sempre representados sob a forma de mapas, conforme BERRY (1993). Tais procedimentos englobam o que podemos chamar de *análise multicriterial*, ou seja, baseada em diferentes critérios ou elementos.

As informações iniciais, contidas nos *mapas primários*, referem-se ao inventário paisagístico, ou seja, aos dados brutos relativos aos principais atributos da área em questão. Como exemplo, encontram-se representadas nesses mapas as informações concernentes às características topográficas.

Em seguida, os chamados *mapas derivados* oferecem informações já oriundas de análises computacionais básicas, tais como os cálculos de declividade e de exposição de vertentes. Essas informações, geradas com extrema segurança e

facilidade no meio digital, demandariam trabalho demasiado para sua coleta em campo, fato que poderia inviabilizar a realização da pesquisa.

Já em um terceiro momento de análise, são empregados os chamados *mapas interpretativos*, gerados a partir de uma interpretação de *mapas primários* e *derivados*. Nessa etapa, as análises computacionais tornam-se imprescindíveis, uma vez que não se tratam de informações disponíveis diretamente em campo. Dessa forma, são representadas nesses mapas as diferentes classes de risco ou suscetibilidade para cada atributo isolado, segundo suas características relativas aos processos estudados. Como exemplo, pode ser indicado um mapa de suscetibilidade a escorregamentos com base apenas nas características topográficas de uma determinada área.

Por último, os chamados *mapas finais* referem-se a uma composição estruturada em *mapas interpretativos*, onde são agrupados e reclassificados os níveis de risco ou suscetibilidade, desta vez segundo um conjunto de atributos ou elementos ambientais. Dessa forma, o produto final da modelagem é apresentado como um mapa de risco ambiental ou de suscetibilidade, relativo a um processo ou fenômeno específico.

Se por um lado podemos atribuir importâncias equivalentes aos diferentes elementos empregados no processo de modelagem, por outro também podemos atribuir pesos ou notas específicos para cada informação em análise. Embora baseada em um caráter subjetivo (daí a relevância do profissional envolvido), a ponderação dos elementos presentes no modelo representa uma técnica bastante útil, uma vez que certas características assumem maior ou menor papel na determinação de um processo. Dessa forma, pode ser estabelecido, por exemplo, que para um estudo de suscetibilidade a escorregamentos as informações referentes à declividade exercem maior influência em relação àquelas referentes à exposição de vertentes. Neste caso, um mapa de dasses de declividade assumiria maior peso que um mapa de exposição de vertentes, dentro da estrutura de ponderação, e o mapa final seria configurado como uma média ponderada de todos os outros mapas empregados.

Em trabalho realizado no Município de Nova Friburgo, região serrana do Estado do Rio de Janeiro, ANTONIUTTI NETO et all (1993) elaboraram um mapa de suscetibilidade a escorregamentos com base nas informações de declividade, geologia e formas de relevo, a partir da sobreposição e ponderação de *overlays.* A

integração deste cartograma de suscetibilidade ao mapa de ocupação do município possibilitou a obtenção de um produto final, chamado de Mapa de Riscos.

Já em pesquisa elaborada em uma área piloto no Município de Juiz de Fora – MG, CASTELLANI (2001) conjugou as informações referentes à declividade e à pedologia para a geração de um cartograma denominado de “Avaliação de Riscos à Ocupação Urbana”, por intermédio do Sistema de Análise Geo–Ambiental (SAGA).

Dessa forma, infinitas possibilidades de integração de informações espaciais tornam-se viáveis a partir da modelagem nos Sistemas de Informação Geográfica. Entretanto, apesar de suas potencialidades, torna-se importante salientar que a utilização de tais modelos fornece apenas apoio às decisões, que por sua vez são determinadas por profissionais administrativos e influenciadas por aspectos econômicos, políticos e culturais. Não configuram, portanto, sistemas de inteligência artificial, bem como não são capazes de substituir os recursos humanos capacitados para a análise e o planejamento ambientais.

2.4.3 Algumas possibilidades de contribuição da Climatologia Dinâmica aos estudos de riscos geológicos ligados aos movimentos de massa

Assim como foi apontado anteriormente, a Climatologia Dinâmica, baseada no paradigma do ritmo, apresenta uma série de potencialidades para o estudo das excepcionalidades climáticas e de suas conseqüências no plano espacial. Nesse contexto, inserem-se todos os fenômenos decorrentes dos impactos pluviais, especialmente aqueles ligados aos movimentos gravitacionais de massa. A técnica da análise rítmica proposta por MONTEIRO (1971) e a teoria dos fluxos polares elaborada por MONTEIRO (1969) e quantificada por TARIFA (1975) destacam-se como as principais contribuições da Climatologia Dinâmica aplicáveis aos estudos das relações entre a dinâmica pluvial e o desenvolvimento de processos de superfície.

MONTEIRO (1962, p.39), no início de sua carreira, já afirmara: “acreditamos que a análise dos elementos do clima, feita em um determinado local, deva ser suficientemente detalhada, de modo a permitir a compreensão, através de sua comparação, das diferenças que apresentam os referidos elementos em face da circulação regional”. A partir desse pressuposto, foi elaborada a técnica da análise

rítmica (MONTEIRO, 1971), tornando possível a visualização concomitante dos elementos fundamentais do clima, viabilizando o reconhecimento do ritmo e, consequentemente, dos variados problemas regionais dele decorrentes.

A técnica de análise rítmica (op. cit) constitui uma importante ferramenta para a integração dos dados, ao possibilitar a representação cartográfica de diferentes elementos climáticos de forma simultânea (diária ou horária), em consonância com outros fenômenos correlacionáveis. Com o auxílio da análise rítmica, podem ser definidas as principais relações entre a gênese das chuvas, o ritmo pluvial e os processos de instabilização de encostas, em seus variados tipos. No entanto, é de extrema necessidade o acesso a registros confiáveis de dados, que forneçam as datas precisas de acidentes, suas principais características, tipo de material envolvido etc., além, é claro, dos índices pluviométricos e demais elementos climáticos em escala de tempo pelo menos diária.

Com base nos preceitos legados por Serra e Ratisbonna (apud ZAVATINI, 1996, p.11-18) MONTEIRO (1969) forneceu outra grande contribuição ao procurar reconhecer as principais relações existentes entre os diferentes fluxos polares e as chuvas de inverno na fachada sul–oriental do Brasil, por meio da atuação da frente polar atlântica. Os principais resultados alcançados são apresentados na Tabela 01. Como é frisado pelo autor (op. cit.), os maiores valores de intensidade pluvial na região estudada são produzidos pela ocorrência de tipos intermediários de fluxos polares, cujo choque marcante com os sistemas intertropicais propiciam fortes contrastes térmicos.

Em continuidade à linha de pesquisa iniciada por MONTEIRO, TARIFA (1975) se dedicou ao processo de quantificação das relações entre fluxos polares e ocorrências pluviais, desta vez para o período de primavera – verão no Estado de São Paulo. Ao correlacionar a circulação atmosférica de superfície, baseada nos valores barométricos dos principais centros de ação com os níveis pluviométricos registrados, foi alcançado um índice de explicação de 70%. Já entre os fatores determinados pelo autor (op. cit.), as correntes perturbadas de sul (passagens frontais decorrentes dos diferentes fluxos polares) detêm, em conjunto, 67% da gênese das chuvas.

No que diz respeito aos efeitos pluviais na área estudada, TARIFA (1975, p.77) sintetiza: “o fluxo polar oscilante, que possui um intervalo médio de atuação (entre seis e sete dias), aproxima-se do habitual; o interrompido (três a

quatro dias) gera chuvas além da normal; e o dominante (dez a quinze dias) e o nulo geram totais pluviométricos abaixo da normal". E acrescenta que "...da combinação rítmica dos diferentes tipos de fluxos polares e conseqüentes cadeias de tipos de tempo, atinge-se o condicionamento temporal das chuvas em diferentes graus de intensidade acima ou abaixo do habitual".

Tipo do Fluxo Polar	Condições para Ocorrência	Efeitos Pluviais
Contínuo	Abastecimento máximo de ar polar no sul do continente americano, através de passagens rápidas e próximas de ar frio ou da formação de um anticiclone com centro barométrico superior a 1036 mb	A progressão da frente polar é rápida, atingindo latitudes baixas. Tais avanços produzem maiores perturbações no litoral, em virtude do choque com o anticiclone tropical marítimo.
Dominante	Abastecimento de ar frio na vertente atlântica sul do continente americano um pouco inferior à anterior, porém capaz de gerar um anticiclone ainda poderoso	A oposição do anticiclone tropical marítimo acentua o choque frontal e o centraliza inicialmente no trópico, podendo chegar à Bahia. As maiores perturbações ocorrem no litoral próximo ao trópico.
Alternado	Oposição mais pronunciada por parte dos sistemas intertropicais, com certa tendência ao equilíbrio de forças	A produção de ondulações mais amplas define a massa tropical continental, que, ao participar do choque, aumenta o aquecimento pré-frontal e intensifica as chuvas. O máximo pluviométrico atinge sobretudo a faixa Santa Catarina – São Paulo.
Interrompido	Anticiclone migratório pouco poderoso, cuja invasão desloca a Frente Polar até o trópico além de anticiclone tropical marítimo em forte oponência.	A oponência do anticiclone tropical marítimo pode gerar o recuo ou estacionamento da frente, O máximo das perturbações é atingido no Rio Grande do Sul e Santa Catarina.
Fraco	Abastecimento de ar frio no sul do continente americano capaz de produzir apenas anticiclones incipientes com valores barométricos iguais ou inferiores àqueles do anticiclone tropical marítimo ou simples dorsais frias	O domínio demorado do anticiclone tropical marítimo e sua progressão para o sul atuam no sentido de deslocar os choques frontais para a altura do Rio da Prata, provocando nessa área os maiores impactos.
Nulo	Carência completa de acúmulo de ar frio ao sul do continente americano e conseqüente abaixamento das pressões.	A atuação total do anticiclone tropical marítimo é causadora de grande estabilidade e de temperaturas altas para o período de inverno no Sul e Sudeste brasileiros.

Tabela 01 – Tipos de Fluxos Polares e Suas Conseqüências Pluviais na Fachada Sul – Oriental do Brasil. Adaptado de MONTEIRO (1969, p.54-55)

Diante das discussões realizadas até o momento, acerca do papel da água na instabilização de encostas, e das abordagens apresentadas no âmbito da Climatologia Geográfica, é fato inquestionável que a dinâmica atmosférica e o caráter pluvial assumem papel de destaque no cenário físico–ambiental, sobretudo no desencadeamento de processos superficiais. No contexto dos movimentos gravitacionais de massa, a freqüência de acidentes reflete as alterações do ritmo climático, por intermédio de eventos excepcionais. Por sua vez, o reconhecimento do padrão rítmico, ou seja, da seqüência de atuação dos diferentes sistemas atmosféricos e de suas conseqüências pluviométricas, fornece a possibilidade de um melhor entendimento de tais excepcionalidades.

Em função da enorme demanda por soluções para os problemas dos riscos naturais em áreas urbanas, o emprego da abordagem dinâmica em Climatologia, aliada às técnicas de pesquisa elaboradas pelos geólogos, parece representar um importante avanço. No estudo específico dos movimentos de massa, a abordagem conjunta de causas e conseqüências parece proporcionar resultados mais satisfatórios, especialmente no que diz respeito às possibilidades de intervenções concretas e previsão de acidentes. Dessa forma, a partir do conhecimento do ritmo da circulação atmosférica regional, apontam-se possibilidades para a identificação das individualizações ou respostas locais, por intermédio das características temporal e espacial das chuvas em diferentes graus de intensidade.

Além da utilização da técnica de análise rítmica (MONTEIRO, 1971), o aprofundamento dos trabalhos acerca dos fluxos polares (MONTEIRO, 1969 e TARIFA, 1975) parece indicar um caminho bastante válido para ser trilhado. Como sabemos atualmente, um fluxo polar fraco dificilmente poderá causar grandes perturbações pluviais no Sudeste brasileiro, ao contrário dos fluxos médios, onde o confronto entre massas inter e extra–tropicais deverá gerar impactos significativos para esta região. Neste caso, o reconhecimento dos diferentes fluxos polares, dos valores barométricos dos centros de ação, da sucessão dos sistemas atmosféricos característica de cada fluxo e dos impactos pluviais decorrentes, configura-se como importante passo para a prevenção de acidentes. A identificação dos padrões espaciais dos impactos produzidos pela chuva, assim como o total pluviométrico, o número de dias chuvosos e a densidade da precipitação, fornece importantes parâmetros para efeitos de planejamento. Por sua vez, o conhecimento das

características temporais das precipitações pluviais, aliado às informações de ordem genética, pode fornecer subsídios bastante válidos para a elaboração de planos preventivos. Nesse contexto, algumas questões envolvendo aspectos qualitativos e quantitativos do clima podem ser formuladas:

- Quais as relações quantitativas entre a atuação de sistemas atmosféricos específicos e os totais pluviométricos acumulados nos dias anteriores aos acidentes?
- Quais as relações quantitativas entre a atuação de sistemas atmosféricos específicos e os eventos pluviais deflagratórios dos acidentes?
- O encadeamento desses sistemas apresenta coerência com os tipos de fluxos polares já identificados?
- Quais as relações entre os valores barométricos dos centros de ação e o encadeamento impactante dos diferentes sistemas atmosféricos? Pode-se formular uma tipologia e empregá-la como método auxiliar à previsão de acidentes?

Espera-se, com base nestas questões, que as futuras intervenções realizadas no plano espacial possam ocorrer de maneira coerente com as características da dinâmica climática e pluvial, como forma consciente e eficaz de planejamento ambiental. A correta integração dos conhecimentos acerca do ambiente físico das cidades deverá implicar, acima de tudo, em benefícios técnico–científicos aos planejadores, além de sensíveis reflexos na qualidade ambiental urbana.

III – Métodos, Técnicas e Materiais

A abordagem da dinâmica pluvial e dos demais atributos ambientais foi realizada por intermédio de dois conjuntos distintos de informações: uma em escala regional e outra em escala local.

Para a caracterização do ambiente regional no entorno do município de Juiz de Fora foi selecionada uma área localizada entre os paralelos de 21°00' e 22°30' Sul e meridianos de 42°30' e 44°00' Oeste. Os procedimentos para a sua escolha e delimitação espacial foram realizados no intuito de incluir feições que subsidiassem a análise das bases físicas regionais, sobretudo de ordem climática. Abrangendo um pequena parte dos Estados de Minas Gerais e do Rio de Janeiro, tal área congrega representações significativas do relevo regional, tais como trechos da Serra da Mantiqueira e da Serra dos Órgãos (individualização local da Serra do Mar), além de parte do Vale do Paraíba do Sul[1] .

Em seguida, foram levantados os materiais cartográficos que forneceram as bases necessárias para a apresentação e discussão dos aspectos mais relevantes da região selecionada. Após a identificação do polígono em cada mapa, foram elaborados os *overlays* em papel vegetal, contendo as feições de maior interesse aos propósitos do trabalho. Na seqüência, a transferência de cada desenho para o meio digital foi realizada via *scanner* , para os procedimentos de vetorização em tela. Nessa etapa, por intermédio do software AutoCad® R14 (AutoDesk), foram elaborados os cartogramas de localização, vias de acesso e rede de drenagem, hipsometria, classes de solos, geomorfologia e geologia regionais.

Para a caracterização climática, foram selecionadas as variáveis de temperatura, temperatura mínima e temperatura máxima, por meio de seus valores médios anuais, além da precipitação, número de dias chuvosos e densidade, por meio de seus valores e índices médios mensais, sazonais e anuais. Os dados referentes à temperatura foram obtidos junto às Normais Climatológicas, do Instituto Nacional de Meteorologia, para o período de 1961 a 1990. Para tanto, encontravam-se disponíveis para a região selecionada os dados das estações de Barbacena, Cataguases, Coronel Pacheco e Juiz de Fora, no Estado de Minas Gerais, e de Nova Friburgo e Vassouras, no Estado do Rio de Janeiro. Os valores médios anuais

[1] A descrição da região selecionada será apresentada no item Resultados e Discussões, juntamente com os mapas elaborados.

foram interpolados pelo método de mínima curvatura, com o auxílio do software Surfer® Versão 7.0 (Golden Software Inc.) para a apresentação das linhas de isovalores.

Já para a representação dos aspectos relativos à precipitação, foram empregados os dados coletados nos postos da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL , para o período de 1982 a 1995 e disponibilizados pelo banco de dados HIDRODATA (versão em CD). Esta fonte de dados possibilitou a seleção de 38 postos pluviométricos, contra apenas 6 postos disponíveis pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET para a mesma área.

A escolha dos postos pluviométricos ocorreu com base nas coordenadas de localização, já que os mesmos se encontravam agrupados por bacias hidrográficas. Dessa maneira, foi utilizado o setor do banco de dados referente à Bacia do Atlântico – Trecho Leste, que engloba a Bacia do Paraíba do Sul, que drena a região de estudo. A lista dos postos selecionados é apresentada nas Tabelas 02 (MG) e 03 (RJ), suas respectivas localizações são apresentadas na Figura 03.

Código do Posto	Município	Localização
2142000	Astolfo Dutra	21°19’ S / 42°51’ W
2142001	Cataguases	21°23’ S / 42°41’ W
2142004	Muriaé	21°02’ S / 42°33’ W
2142006	Itamarati de Minas	21°28’ S / 42°48’ W
2142008	Volta Grande	21°47’ S / 42°31’ W
2143000	Rio Pomba	21°18’ S / 43°13’ W
2143001	Guarani	21°22’ S / 43°02’ W
2143011	Lima Duarte	21°43’ S / 43°56’ W
2143013	Mar de Espanha	21°53’ S / 43°02’ W
2143016	Juiz de Fora	21°51’ S / 43°32’ W
2143017	Tabuleiro	21°21’ S / 43°14’ W
2143018	Rio Novo	21°29’ S / 43°07’ W
2143019	Lima Duarte	21°49’ S / 43°55’ W
2143020	Juiz de Fora	21°36’ S / 43°29’ W
2143021	Belmiro Braga	21°58’ S / 43°22’ W
2143022	Piau	21°31’ S / 43°19’ W
2243202	Rio Preto	22°02’ S / 43°46’ W

Tabela 02 – Lista dos Postos Pluviométricos Selecionados em Minas Gerais

Código do Posto	Município	Localização
2242022	Nova Friburgo	22°17’ S / 42°40’ W
2242024	Nova Friburgo	22°23’ S / 42°33’ W
2242025	Nova Friburgo	22°21’ S / 42°34’ W
2242026	Teresópolis	22°18’ S / 42°46’ W
2242027	Teresópolis	22°12’ S / 42°54’ W
2242028	Sapucaia	22°02’ S / 42°59’ W
2242029	Sumidouro	22°03’ S / 42°40’ W
2243002	Barra do Piraí	22°10’ S / 43°17’ W
2243003	Paraíba do Sul	22°17’ S / 43°56’ W
2243004	Valença	22°17’ S / 43°56’ W
2243005	Valença	22°14’ S / 43°43’ W
2243006	Valença	22°09’ S / 43°45’ W
2243007	Rio das Flores	22°14’ S / 43°05’ W
2243008	Rio das Flores	22°05’ S / 43°33’ W
2243010	Petrópolis	22°29’ S / 43°08’ W
2243011	Petrópolis	22°27’ S / 43°10’ W
2243012	Petrópolis	22°20’ S / 43°08’ W
2243013	Três Rios	22°14’ S / 43°06’ W
2243014	Petrópolis	22°18’ S / 43°11’ W
2243015	Três Rios	22°08’ S / 43°09’ W
2243016	Petrópolis	22°11’ S / 43°00’ W

Tabela 03 – Lista dos Postos Pluviométricos Selecionados no Rio de Janeiro

Na etapa seguinte, após o agrupamento dos dados diários em períodos mensais, foram realizados os procedimentos para preenchimento de falhas. Para o preenchimento das falhas de um determinado posto, foi selecionado, dentre os postos vizinhos e instalados em situação topográfica semelhante, aquele que apresentou o maior coeficiente de correlação de *Pearson*, ou seja, aquele que apresentou o maior grau de associação linear. Os cálculos foram realizados pela Planilha Microsoft Excel® Versão 7.0 (Microsoft Corporations) com base na seguinte equação:

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n\sum x^2{}_i - (\sum x_i)^2][n\sum y^2{}_i - (\sum y_i)^2]}}$$

Onde: r = Coeficiente de Correlação de Pearson
n = Número de dados ou ocorrências
$x_i \, e \, y_i$ = Valores individuais de x,y

Em seguida foram calculadas as regressões lineares, também por intermédio da Planilha Microsoft Excel® Versão 7.0 (Microsoft Corporations), com base nas seguintes equações:

$$Y_p = a + bx \qquad a = Y - bX \qquad b = \frac{\sum x_i y_i - \sum x_i y_i / n}{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / n}$$

Onde: Y_p = Valor estimado de y
Y = Média aritmética dos valores de y
X = Média aritmética dos valores de x
x_i e y_i = Valores individuais de x,y
n = Número de dados ou ocorrências

A Tabela 04 apresenta os postos com falhas, os respectivos postos de referência para preenchimento, coeficientes de correlação encontrados e equações obtidas pela regressão linear:

Posto com Falhas	Posto de Referência	Coeficiente de Correlação	Equações Obtidas pela Regressão Linear
2142004	2142000	0,867900	Y = 0,7514X + 24,18
2143000	2143001	0,939964	Y = 1,0977X + 0,4435
2143017	2143018	0,896725	Y = 0,996X + 0,1657
2143021	2143016	0,901800	Y = 0,8628X + 6,6067
2143022	2143018	0,957200	Y = 1,0659X + 4,6349
2242022	2242025	0,782344	Y = 0,6644X – 7,7255
2242025	2242024	0,890896	Y = 0,8341X – 6,9094
2242029	2242028	0,902454	Y = 1,0469X + 3,0315
2243002	2243004	0,853406	Y = 0,6843X – 3,6062
2243006	2243005	0,894314	Y = 0,8849X + 0,4597
2243008	2243005	0,929556	Y = 0,8071X + 12,085
2243014	2243011	0,876776	Y = 0,686X + 7,7063

Tabela 04 – Referências Para Preenchimento de Falhas de Dados Pluviais

Após o preenchimento das falhas relativas aos dados de precipitação, passou-se à contagem do total mensal do número de dias chuvosos, levando em consideração quaisquer valores iguais ou maiores que 0,1 mm. Para os meses com falhas de dados, foram realizados os mesmos procedimentos anteriores para o preenchimento, sendo observados os mesmos critérios. A Tabela 05 apresenta os postos com falhas, os respectivos postos de referência para preenchimento, coeficientes de correlação encontrados e equações obtidas pela regressão linear.

Posto com Falhas	Posto de Referência	Coeficiente de Correlação	Equações Obtidas pela Regressão Linear
2142004	2142000	0,880319	Y = 0,7921X + 0,0183
2143000	2143001	0,863887	Y = 0,7969X + 1,3884
2143017	2143018	0,924763	Y = 0,9633X + 1,7309
2143021	2143016	0,827735	Y = 0,9116X + 1,9786
2143022	2143018	0,943376	Y = 0,91X + 1,3016
2242022	2242025	0,684075	Y = 0,5958X + 7,2166
2242025	2242024	0,766785	Y = 0,71X + 1,9267
2242029	2242028	0,849253	Y = 0,8697X + 2,0293
2243002	2243004	0,791369	Y = 0,8532X + 4,1268
2243006	2243005	0,901243	Y = 9196X + 2,2909
2243008	2243005	0,920545	Y = 0,8729X + 1,0398
2243014	2243011	0,892312	Y = 1,0914X + 4,122

Tabela 05 – Referências Para Preenchimento de Falhas de Número de Dias Chuvosos

Em seqüência do preenchimento de todas as falhas, foi realizado o cálculo da densidade mensal da precipitação, através da divisão dos valores mensais de pluviosidade pelo respectivo número mensal de dias chuvosos. Finalizando o processo de organização dos dados, foi realizado o seu agrupamento mensal, sazonal e anual, além de calculadas todas as médias. Este procedimento, da mesma forma que os anteriores, foi realizado por meio da Planilha Microsoft Excel® Versão 7.0.

A elaboração dos mapas de isovalores e dos modelos em três dimensões foi realizada por intermédio do software Surfer® Versão 7.0 (Golden Software Inc.), assim como para os dados de temperatura. Para tanto foi utilizado o método de mínima curvatura, que melhor se ajustou à configuração espacial das informações (sem distorções significativas), conforme conhecimento prévio e empírico da região.

Para uma melhor análise das informações pluviométricas, foi também elaborado um modelo numérico do terreno para as feições topográficas da região. Dessa forma, foram digitalizadas as principais curvas altimétricas, na escala 1:1.000.000, por meio do software AutoCad® R14; exportado o arquivo para o software Idrisi® 3.2 (Clark University) para a transformação do arquivo vetorial em um arquivo de pontos; e realização da interpolação por mínima curvatura no software Surfer® Versão 7.0.

Para o reconhecimento dos padrões anuais de precipitação, em escala local, foram empregados os dados de precipitação mensal da Estação Climatológica Principal de Juiz de Fora – MG, referentes ao período de 1973 a 1999. A estação localiza-se no interior do campus da Universidade Federal de Juiz de Fora, a cerca de 940 m. de altitude, próxima ao núcleo central da cidade e à Região Noroeste da Área Urbana. Em uma primeira etapa, foram realizados os seguintes procedimentos:

- Agrupamento sazonal e anual dos dados para todo o período;
- Cálculo das médias sazonais e anual e desvio padrão;
- Elaboração de gráfico linear para a representação dos desvios anuais.

Em seguida, com base no total de precipitação anual e nos desvios anuais, realizamos a análise de agrupamento (Cluster Analysis), com o auxílio do software Statistica (Statsoft Inc.) a partir dos índices de similaridade multidimensional calculados pela equação:

$$D = \sqrt{\sum d^2}$$

Onde: D = índice de Similaridade Multidimensional
d = diferença entre valores de variáveis

Com base no gráfico dos desvios anuais e no dendograma gerado pela análise de agrupamento, foram obtidos os primeiros subsídios para a identificação dos padrões pluviométricos anuais (habitual, habitual com tendência a seco, habitual com tendência a chuvoso, seco e chuvoso). Os cálculos dos desvios–padrão foram realizados com base no total de precipitação anual no período, também com o auxílio do software Statistica® (Statsoft Inc) e por intermédio da seguinte equação:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - x)^2}{n}}$$

Onde: S = *Desvio Padrão*
n = *Número de Variáveis Observadas*
x = *Média Aritmética*

A elaboração do pluviograma foi realizada com a ajuda da Planilha Microsoft Excel® e do software Corel Draw® (Corel Corporation), a partir do método de representação cartográfica desenvolvido por Schroder (1956, apud FLORES, 1995, p.34), onde são calculados os valores mensais relativos da precipitação para o total anual.

Passando-se à abordagem em escala local, foi selecionada como área de estudo o Setor Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora[2], conforme regionalização interna elaborada pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento (IPPLAN) da Prefeitura de Juiz de Fora (PJF, 1996). A elaboração do material cartográfico na escala local foi realizada a partir das bases disponíveis no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora – MG (PJF, 1996), além das cartas topográficas em 1:50.000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A digitalização foi realizada por intermédio do software AutoCad® (AutoDesk) pelo método de digitalização em tela, ou seja, a partir de uma imagem capturada via *scanner* e inserida na área de trabalho, com posterior georreferenciamento pelo sistema de coordenadas UTM. Os cartogramas produzidos referem-se às seguintes informações: regionalização interna da área urbana de Juiz de Fora, regionalização interna da área de estudo (contendo as Regiões Urbanas ou aglomerados de bairros), rede de drenagem, arruamento, altimetria, declividade, exposição de vertentes, litologia e cobertura vegetal da área de estudo.

A construção do mapa altimétrico e do modelo numérico do terreno foi realizada com base em arquivo sob o formato .dxf do software AutoCad®, exportado para o software Idrisi® 3.2 (Clark University) para transformação em arquivo de pontos e interpolado pelo software Surfer® pelo método de mínima curvatura.

Os mapas de declividade e de exposição de vertentes foram produzidos pelo software Idrisi® 3.2, também a partir de arquivos .dxf exportados do software AutoCad®., sendo que os cálculos foram realizados a partir de um modelo topográfico gerado por triangulação (TIN).

Os dados de ocorrências registradas na área de estudo foram fornecidos pelo Departamento de Defesa Civil da Prefeitura de Juiz de Fora, mediante uma prévia seleção dos processos de maior interesse, conforme classificação empregada pelo órgão. Dessa forma, foram selecionados inicialmente 10 (dez) tipos específicos de ocorrências diretamente ligados aos fenômenos de impacto pluvial e movimentos de massa:

[2] A descrição da área selecionada será apresentada no item Resultados e Discussões, juntamente com os mapas elaborados.

1. Ameaça de desabamento de edificação
2. Desabamento parcial de edificação
3. Desabamento total de edificação
4. Ameaça de desabamento de muro
5. Desabamento de muro
6. Ameaça de deslizamento de barranco
7. Deslizamento de barranco
8. Trinca laje / parede / muro / piso
9. Rachadura laje / parede / muro / piso
10. Infiltração laje / parede / muro / piso

Os dados foram exportados em formato .xls para leitura na Planilha Microsoft Excel®, onde foram realizados os agrupamentos necessários e gerados os gráficos. A relação entre os tipos de ocorrências selecionados e a precipitação diária em Juiz de Fora foi identificada com o auxílio da técnica de correlação de Pearson, já apresentada anteriormente. Foram calculados os índices de correlação entre as ocorrências e a precipitação do dia do evento e os totais acumulados em até 15 dias anteriores ao evento. Este procedimento possibilitou a seleção dos tipos de ocorrência com maior dependência das variações da precipitação, para abordagem mais detalhada.

Para o entendimento do ritmo climático e da dinâmica pluvial, juntamente com os tipos de ocorrências selecionados, foi empregada a técnica de análise rítmica, ou seja, de representação gráfica diária e simultânea dos elementos climáticos (pressão atmosférica, temperaturas, umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos e nebulosidade), dos sistemas atmosféricos atuantes e das ocorrências de Defesa Civil. Para a elaboração dos gráficos, foi utilizada a Planilha Microsoft Excel®, posteriormente integrados pelo software Corel Draw®.

Os dados meteorológicos referem-se à Estação Climatológica Principal de Juiz de Fora e cobrem os períodos de setembro a março (primavera – verão) dos anos 1996/1997 e 1999/2000. A escolha desses períodos foi realizada observando-se as épocas de maior número de ocorrências registradas pelo Departamento de Defesa Civil, além da disponibilidade das informações. Somente a partir de 1996,

passou a existir um banco de dados com os boletins de ocorrência da Defesa Civil local.

A identificação dos sistemas atmosféricos atuantes sobre Juiz de Fora foi realizada por intermédio da inspeção visual de imagens de satélite diárias coletadas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), via internet, referentes aos satélites GOES e METEOSAT. Foi empregado ainda um conjunto de cartas sinóticas diárias produzidas pelo Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMET) da UNESP/Bauru. Os sistemas atmosféricos foram organizados e representados nos gráficos de análise rítmica com base na seguinte classificação:

1. Frente Polar Atlântica – FPA
2. Frente Polar Atlântica Estacionária (EST)
3. Frente Polar Atlântica em Dissipação (DIS)
4. Repercussão de Frente Polar Atlântica (REP)
5. Frente Polar Reflexa (FPR)
6. Frente Polar Atlântica com Setor Quente de Retorno (QTE)
7. Massa Tropical Atlântica (TA)
8. Massa Tropical Atlântica Continentalizada (TAC)
9. Massa Tropical Atlântica com Linhas de Instabilidade (LI)
10. Massa Polar Atlântica (PA)
11. Massa Polar Velha (PV)

Os gráficos de análise rítmica tiveram seus dados agrupados nos quadros de índice de participação dos sistemas atmosféricos, de gênese pluvial e de atividade frontal. Esses quadros apresentam, de forma resumida e quantificada, várias informações pertinentes ao entendimento da dinâmica climática local.

Por fim, as análises produzidas para a área de estudo foram subsidiadas por uma série de trabalhos de campo, ocasiões em que foram visitados cerca de 16 pontos que apresentaram escorregamentos nos últimos anos. Foram verificadas as condições ambientais das encostas (presença de lixo, cobertura vegetal, grau de inclinação dos terrenos, lançamento de águas pluviais e esgotos etc.), além de inúmeras conversas com os moradores. Dessa forma, com base na literatura pesquisada, nos dados e informações organizados e nas visitas *in loco* foram elaboradas as principais discussões presentes neste trabalho.

IV - Resultados e Discussão

4.1 Principais Aspectos Físicos do Quadro Regional

A área delimitada pelas coordenadas de 21°00' e 22°30' Sul e de 42°30' e 44°00' Oeste localiza-se entre as porções sudeste do Estado de Minas Gerais e central do Estado do Rio de Janeiro no contexto da Região Sudeste brasileira (Figura 04). O município de Juiz de Fora encontra-se no setor central do polígono, exercendo grande papel de polarização regional, especialmente na área de serviços. Em seguida, destacam-se os centros locais de Barbacena, Ubá e Cataguases, no Estado de Minas Gerais, e de Petrópolis e Nova Friburgo, no Estado do Rio de Janeiro. A região é cortada por rodovias federais e estaduais, com destaque para a BR-040, no sentido sul – norte, conectando as áreas metropolitanas do Rio de Janeiro e de Belo Horizonte (Figura 05).

A região de estudo encontra-se assentada, em sua quase totalidade, sobre a Bacia do Atlântico - Trecho Leste, excetuando-se uma pequena porção a noroeste pertencente à Bacia do Paraná. O principal curso d'água é o Rio Paraíba do Sul, que inicia nessa área seu trecho mais baixo, até o ponto da foz. Outros rios significativos são o Rio Preto, o Rio Pomba, o Rio Novo e o Rio Paraibuna, sendo que este último atravessa toda a área urbana do município de Juiz de Fora (Figura 05). Sob regime tropical típico, os rios da região apresentam, em média, seus picos de vazão com ligeira defasagem em relação ao pico de maior pluviosidade. Em geral, os maiores valores de vazão são registrados no mês de fevereiro, enquanto os meses mais chuvosos são dezembro e janeiro. Segundo RADESCA (1968, p.584), este fato ocorre "porque o solo, ressequido em conseqüência da estiagem, absorve grande parte da água das chuvas, diminuindo, até que se sature, o aproveitamento da água pelos rios". Já as vazões mínimas são registradas especialmente na segunda metade do inverno, acompanhando o período de menor pluviosidade.

Os solos predominantes na região encontram-se nas classes dos latossolos vermelho–amarelo, dos cambissolos e dos podzólicos vermelho–escuro e vermelho–amarelo. Além disso, alguns afloramentos rochosos significativos são encontrados na Serra dos Órgãos, porção sudeste da área (Figura 06). O setor de maior extensão, sobre o qual encontra-se o município de Juiz de Fora, é dominado pelo latossolo vermelho–amarelo álico, com alto percentual de saturação por

alumínio. De forma geral, são solos que apresentam estágio avançado de intemperismo, com predomínio de argilas do tipo 1:1, boa agregação dos colóides e alta porosidade, características que propiciam uma moderada resistência aos processos erosivos. Em seguida, em função da área de ocorrência, encontram-se os cambissolos, sobretudo nas áreas serranas da Mantiqueira e dos Órgãos. Estes solos caracterizam-se por seu baixo estado evolutivo, com pequena diferenciação de textura entre os horizontes mais superficiais e com drenagem de boa a moderada. Em menor escala, verificam-se os solos podzólicos, especialmente na bacia de sedimentação do Paraíba do Sul e na região de Visconde do Rio Branco, porção nordeste da região. Os podzólicos são solos minerais com horizonte B textural, em geral com mudança textural abrupta entre os demais horizontes, relativamente profundos e bem drenados.

As unidades geológicas presentes na região são derivadas de compartimentos geotectônicos pré–cambrianos básicos, como os cinturões granulíticos e os escudos gnáissico–granitóides de médio grau. A maior parte da área encontra-se sob domínio do Complexo Paraíba do Sul (porção sudeste), Gnaisse Piedade (porção noroeste) e Complexo Juiz de Fora (eixo sudoeste–nordeste), subdivididos em unidades menores conforme a Figura 07. Originado no Arqueano, o Complexo Juiz de Fora, sobre o qual se assenta o município de mesmo nome, apresenta materiais expostos da crosta inferior, com elevado grau de metamorfismo. Conforme BARTORELLI & HARALYI (1998, p.59), “em direção às bordas dos complexos de alto grau, o regime dúctil cedeu espaço progressivamente para os estados rígidos, permitindo o desenvolvimento de falhas e fraturas”. No Complexo Juiz de Fora, os sistemas de falhamentos alongam-se no sentido sudoeste–nordeste, acompanhando a configuração do próprio cinturão, especialmente em sua borda oriental. Quanto à litologia, destacam-se as rochas granulíticas de natureza charnoquítica, anfibolítica e quinzigitos.

Sob o ponto de vista da geomorfologia, a região de estudo se localiza, de maneira geral, entre as Escarpas / Reversos da Serra do Mar (Serra dos Órgãos) e o Planalto dos Campos das Vertentes (Serra da Mantiqueira), unidades constituintes do Planalto Brasileiro. No sentido diagonal, entre as unidades anteriores, encontram-se os Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul, a Depressão Escalonada dos Rios Pomba–Muriaé e as Serranias da Zona da Mata Mineira, onde se assenta o município de Juiz de Fora (Figura 08).

A Serra dos Órgãos caracteriza-se como uma denominação local da Serra do Mar, que constitui a borda oriental do embasamento cristalino soerguido. Em função da atuação diferenciada dos processos erosivos sobre as rochas do complexo cristalino, além das falhas e fraturas transversais presentes na área, foram originadas as diversas feições topográficas. Nesta porção da região, encontram-se os maiores valores altimétricos, fator que exerce influência marcante na circulação atmosférica.

O Vale do Paraíba do Sul, alojado ao fundo da depressão tectônica na base da Mantiqueira, apresenta manifestações de "mar de morros", alternadas com cristas gnáissicas separadas por vales de profundidade significativa. A região de estudo encontra-se na transição entre o médio e o baixo vale, apresentando como marco o ponto de recepção dos afluentes Paraibuna e Piabanha, no município de Três Rios – RJ. Em seu trecho mais baixo, na porção leste da região, encontram-se os menores valores altimétricos (entre 100 e 400 m.), juntamente com as áreas de Cataguases – MG e Cachoeiras de Macacu – RJ, conforme as Figuras 09 e 10.

Finalmente, a Serra da Mantiqueira que se manifesta na porção noroeste da região, forma o que podemos chamar de segundo nível do Planalto Brasileiro, apresentando também valores altimétricos e desníveis bastante elevados. Segundo MOREIRA & CAMELIER (1977, p.14), a Serra da Mantiqueira "caracteriza-se por uma imponente escarpa voltada para o Vale do Paraíba, cujos desníveis excedem 2.000 metros". E ainda "...é recortada por vales profundos, de perfis escalonados, exibindo quase sempre lombadas e patamares a meia encostas". Juntamente com a Serra dos Órgãos, a Serra da Mantiqueira exerce papel de destaque junto à circulação atmosférica regional, como será discutido no próximo item.

A seguir serão apresentados os resultados obtidos por intermédio da análise climática regional, a partir dos cartogramas produzidos e da literatura pesquisada. A integração dos elementos atmosféricos, sobretudo da precipitação, com os demais fatores apresentados, deverá fornecer importantes subsídios para o entendimento da realidade físico–ambiental de meso escala, bem como dos principais processos dela decorrentes.

4.2 O Clima Regional

O clima da região de estudo é influenciado pela atuação de sistemas atmosféricos intertropicais e extratropicais, que geram situações de tempo regidas por uma dinâmica específica. A Massa Tropical Atlântica atua com ventos de norte e nordeste, implicando em tipos de tempo geralmente estáveis. Já o Anticiclone Polar Atlântico produz incursões de massas frias, sempre precedidas por sistemas frontais geradores de precipitação e acompanhados de ventos do quadrante sul. Em função da Serra da Mantiqueira, a região encontra-se de certa forma abrigada das correntes perturbadas de oeste e noroeste, decorrentes da atuação de sistemas continentais, fato observado através dos baixos níveis de incidência de ventos desses quadrantes (NIMER, 1979).

Conforme pode ser observado na Figura 11, os valores médios da temperatura do ar encontram-se bastante vinculados à topografia da região (Figura 10). As menores médias são encontradas na Serra dos Órgãos, na Serra da Mantiqueira e no trecho do Planalto de Itatiaia, áreas com níveis altimétricos acima de 1.000 metros. Já as temperaturas médias mais elevadas são observadas no médio curso do Rio Paraíba do Sul (sudoeste da região) e na Depressão Escalonada dos Rios Pomba–Muriaé (nordeste da região), onde os valores altimétricos são menos significativos. Em geral, as temperaturas médias anuais na região situam-se entre 18°C e 24°C. O mesmo comportamento médio pode ser observado nos casos da temperatura mínima e da temperatura máxima (Figuras 12 e 13), onde os valores apresentam proporcionalidade indireta com a altimetria. As temperaturas mínimas anuais geralmente se encontram na faixa entre 13°C e 21°C e as temperaturas máximas entre 23°C e 33°C.

As temperaturas mais altas se relacionam com a atuação da Massa Tropical Atlântica, enquanto as temperaturas mais baixas se relacionam com a atuação da Massa Polar Atlântica. A época mais quente ocorre no período de primavera – verão, sobretudo nos meses de dezembro e janeiro. Já a época mais fria ocorre no período de outono – inverno, sobretudo nos meses de maio a agosto, quando o anticiclone polar produz incursões mais vigorosas de ar frio, conforme SOUZA et all (1998). De maneira geral, o ritmo de atuação dos sistemas atmosféricos controla os tipos de tempo e os valores de temperatura registrados. No

entanto, os diferentes tipos de fluxos de origem polar produzem encadeamentos distintos, que somente podem ser desvendados por intermédio da análise rítmica.

Em função da forte influência da topografia regional sobre a distribuição espacial dos elementos climáticos, foi utilizado o modelo numérico (Figura 10) para representação no intuito de subsidiar as análises. A visualização conjunta dos cartogramas bidimensionais de precipitação com os respectivos modelos tridimensionais produziu um efeito bastante satisfatório, auxiliando a identificação da correlação entre os fenômenos.

A precipitação média de primavera – verão apresenta valores mais elevados nas áreas de maior altitude: Serra da Mantiqueira, Planalto de Itatiaia e Serra dos Órgãos, nas vertentes a barlavento dos sistemas frontais e marítimos, padrão também observado nos valores de precipitação média anual. As áreas com menores valores nessas estações localizam-se nas vertentes da Serra dos Órgãos a sotavento dos sistemas mais úmidos e ao longo do Vale do Paraíba do Sul, o qual se estende da porção sudoeste para a porção nordeste da região de estudo (Figuras 14 a 19).

No período de outono – inverno, os maiores valores da precipitação média encontram-se concentrados somente na porção sudeste da região, sobretudo nas vertentes orientais da Serra dos Órgãos. Nesse período, as demais áreas apresentam gradientes suaves entre os valores pluviais médios, indicando grande homogeneidade. (Figuras 20 a 23). Destaca-se ainda a ausência do efeito orográfico sobre a Serra da Mantiqueira nesta época do ano.

No período de primavera – verão, os sistemas frontais parecem atingir a porção sudeste de Minas Gerais dotados de maior umidade, bloqueados pelas grandes unidades do relevo regional. Ao contrário, no período de outono – inverno, os efeitos pluviais da passagem de frentes parecem ser mais brandos. Nesse caso, os índices registrados na região da Serra dos Órgãos provavelmente devem-se muito mais ao bloqueio exercido sobre a umidade marítima do que propriamente à passagem de frentes. Também no período de outono – inverno, o deslocamento do centro de ação do anticiclone tropical marítimo para o continente parece contribuir para o desvio dos sistemas frontais para o oceano, instituindo uma época bastante seca na região (SOUZA et all, 1998).

Já na primavera – verão, o forte aquecimento basal contribui para a formação eventual de chuvas convectivas, geralmente sob a ação da Massa Tropical

Atlântica com linhas de instabilidade, ocasionando aguaceiros dotados de forte intensidade e curta duração.

O detalhamento da análise das chuvas em níveis médios mensais (Figuras 24 a 35) permite a identificação do período mais chuvoso no intervalo formado pelos meses de setembro a março. Por sua vez, o período mais seco na região compreende os meses de abril a agosto. Após o início da retomada das chuvas em setembro, algumas áreas ao norte e noroeste da região apresentam um arrefecimento das precipitações no mês de outubro, aumentando os níveis pluviais somente no mês de novembro. Este aspecto pode ser observado sobretudo sobre as vertentes de sudeste da Serra da Mantiqueira, onde se encontra a cidade de Juiz de Fora. Já a região da Serra dos Órgãos apresenta os mais altos índices de precipitação observados, durante todos os meses do ano, barrando os efeitos da umidade marítima por meio de suas vertentes atlânticas. Por sua vez, o Planalto de Itatiaia apresenta um período seco mais reduzido, referente aos meses de maio a agosto, além de receber taxas também elevadas de precipitação no restante dos meses do ano. Finalmente, o Vale do Rio Paraíba do Sul apresenta os menores montantes pluviais ao longo de todos os meses, configurando-se como a porção mais seca da região de estudo.

De forma geral, o detalhamento na escala mensal confirma as conclusões apresentadas com base nas análises sazonais das chuvas, indicando apenas pequenas nuances de variações ao longo das estações do ano sobre as diferentes unidades topográficas abordadas.

O número médio de dias chuvosos apresenta-se com uma variação espacial bastante incipiente, apesar das diferenças marcantes dos totais de primavera – verão e de outono – inverno. De maneira geral, os maiores valores localizam-se nas vertentes da Serra dos Órgãos a barlavento dos sistemas atuantes, se extendendo pelas porções sul e sudeste da região de estudo, além das áreas pertencentes à Serra da Mantiqueira e ao Planalto de Itatiaia, nas partes oeste e noroeste da área.

Por sua vez, os valores mais baixos encontram-se no Vale do Paraíba do Sul, sobretudo na parte oeste da região, assim como nas vertentes da Serra dos Órgãos a sotavento da umidade, abrigadas pelo relevo, assim como nos arredores de Ubá (MG), porção nordeste da região (Figuras 36 a 40).

As áreas com maiores médias de dias chuvosos parecem apresentar relação direta com a altimetria, bem como com a orientação do relevo com base na movimentação das massas de ar atuantes, assim como no caso dos totais pluviométricos.

A densidade da precipitação apresenta um padrão mais complexo, com variações pontuais mais marcantes. Os valores mais significativos podem ser observados nas vertentes a barlavento dos sistemas frontais, tanto na Serra dos Órgãos como no Planalto de Itatiaia, em alguns pontos isolados do Vale do Paraíba do Sul formando pequenos focos em seu trecho mais inferior, e em quase toda a faixa norte da região, excetuando-se boa parte da Serra da Mantiqueira que apresenta chuvas menos concentradas em 24 horas. Assim como este trecho da serra, a área compreendida pela parte mais superior do Vale do Paraíba do Sul (próximo aos municípios de Barra do Piraí - RJ e Vassouras -RJ) também apresenta uma menor concentração da precipitação em 24 horas, bem como nos arredores de Cataguases (MG), no setor nordeste da região, demonstrando uma diminuição mais gradual dos índices (Figuras 41 a 45).

Especialmente no período de verão, os maiores valores de densidade pluvial atingem a porção norte da região de estudo. Da mesma forma, as chuvas de origem convectiva formadas sobretudo neste período contribuem para o aumento dos valores de densidade. Este comportamento é válido praticamente para toda a área estudada. Assim como ficou demonstrado pelos mapas de precipitação e número de dias chuvosos, é nítida a influência da Serra dos Órgãos, barrando em grande parte a umidade oceânica.

Por se localizar no setor central da região, entre as regiões mais altas da Mantiqueira e do Vale do Paraíba, o município de Juiz de Fora apresenta valores intermediários para os parâmetros de ordem climática, em relação a essas feições. Os maiores detalhes acerca do clima local serão apresentados posteriormente.

4.3 Principais Aspectos do Quadro Local

Região Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora - MG

Juiz de Fora é uma cidade com cerca de 500 mil habitantes e localiza-se na Região da Zona da Mata Mineira, porção sudeste do Estado de Minas Gerais. Em 1996, a Área Urbana de Juiz de Fora foi dividida pela Prefeitura, através do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, em 8 (oito) Setores de Planejamento, sendo que cada um deles foi dividido em uma série de Regiões Urbanas de Planejamento (PJF, 1996). De acordo com esta divisão administrativa, foi tomado como unidade de estudo o chamado Setor Noroeste da Área Urbana do Município, subdividido em 14 (quatorze) Regiões Urbanas de Planejamento, conforme as Figuras 46 e 47.

Conforme MACHADO (1999), o processo de ocupação de Juiz de Fora inicia-se com a construção da "Nova Estrada do Paraibuna", na década de 1830, com a finalidade de estabelecer ligação entre a região de Vila Rica (atual Ouro Preto – MG) e a cidade do Rio de Janeiro - RJ, para escoamento de minérios. Este fato proporcionou o surgimento de um arraial, denominado de Santo Antônio do Paraibuna, que alcançou posteriormente, em 1856, a condição de cidade, com o nome de Paraibuna. Neste mesmo ano, foi iniciada a construção da Estrada União e Indústria, ligando o Sudeste de Minas Gerais à cidade de Petrópolis - RJ, visando o escoamento da produção de café, então bastante difundida por grande parte da região (conhecida como Zona da Mata Mineira). Dessa forma, devido à sua localização às margens da Estrada União e Indústria, a cidade de Paraibuna (futura Juiz de Fora) tornou-se caracterizada como um importante entreposto comercial de produtos agrícolas, iniciando o processo de polarização regional. Alguns anos mais tarde, já em 1865, a cidade recebeu o nome definitivo de Juiz de Fora, em função do juiz carioca Luís Fortes Bustamante de Sá, antigo proprietário da sesmaria existente na região.

Já na década de 1870, foi iniciada a construção da estrada de ferro, fato que possibilitou a ampliação da malha urbana de Juiz de Fora, especialmente para as regiões de vale ao noroeste do núcleo central. Com a criação da Estação Ferroviária de Benfica, distante cerca de 10 km a noroeste do centro da cidade, surgiu ao seu redor um pequeno aglomerado de casas e pequenos estabelecimentos comerciais. Já no ano de 1891, Benfica configurava-se como um

distrito do município de Juiz de Fora (AGUIAR, 2000), apresentando uma evolução ocupacional ainda independente do restante da malha urbana da cidade, sendo incorporada ao distrito–sede somente na década de 1970.[3]

Conforme SOUZA et all (1998), a partir da década de 1960, iniciou-se um movimento local para a transferência das atividades industriais do núcleo central para os bairros periféricos de Juiz de Fora. Nesta ocasião, a Região Noroeste da Área Urbana recebeu a implantação de alguns desses empreendimentos transferidos, dando início à sua industrialização. Já na década de 1970, a construção dos Distritos Industriais I e II, vizinhos ao bairro de Benfica, reafirmou a característica industrial dessa parte da cidade, culminando em 1996 com a instalação de uma grande unidade montadora da Mercedes Benz, para a produção de automóveis.

O vale do Rio Paraibuna, que atravessa a região no sentido NW – SE (Figura 48), orientou inicialmente a ocupação local, por intermédio de seus principais alvéolos. Posteriormente, a expansão urbana alcançou alguns vales secundários, de afluentes do Paraibuna, até o início da ocupação de encostas íngremes, sobretudo nos últimos anos. Entretanto, em função da concentração da ocupação ao longo da Avenida Juscelino Kubitschek, via de acesso paralela ao Rio Paraibuna, ainda se observa nitidamente a característica linear da malha urbana (Figura 48).

Os maiores valores altimétricos são observados nas porções sul das Regiões Urbanas de Santa Cruz, Nova Era, Francisco Bernardino e Monte Castelo, sobretudo nas vertentes voltadas para o norte, enquanto as áreas mais baixas concentram-se junto ao vales, do Rio Paraibuna e de seus afluentes (Figuras 48 e 49). As altas declividades podem ser observadas de maneira quase uniforme, excetuando-se as regiões do vale principal e da Represa João Penido, a nordeste da área (Figura 50). Ainda outros aspectos físicos de interesse podem ser observados no mapa de Exposição de Vertentes, onde apresenta-se uma grande diversidade de formas, decorrentes do relevo bastante dissecado da região (Figura 51). Outra grande diversidade de estruturas pode ser observada quanto às unidades litológicas, sobretudo na parte meridional da região (Figura 52). As linhas de transição entre as diferentes litologias coincidem em alguns trechos com as vertentes de maior

[3] Atualmente Benfica configura-se como o principal bairro da Região Noroeste de Juiz de Fora, inclusive fornecendo seu nome à Região Urbana de Planejamento em que está inserida.

declividade, o que pode ser verificado em praticamente todas as regiões urbanas (Figuras 50 e 52).

A área de estudo também apresenta um baixo índice de cobertura vegetal, não atendendo ao limite mínimo de 12 m² de área verde por habitante, conforme PJF (1996) (Figura 48). Aliado a esse fator, o lançamento de efluentes nos cursos d'água tem comprometido a qualidade ambiental da região.

A grande dimensão do Setor Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora faz com que o mesmo apresente uma baixa densidade demográfica, inferior a 50 habitantes por hectare. O contingente populacional representava, no ano de 1991, uma parcela de 17,5% da população total da cidade, alcançando um número de 66.144 moradores, conforme o Censo de 1991 (IBGE). As regiões urbanas de planejamento mais populosas são, pela ordem, Benfica, Santa Cruz e Barbosa Lage, onde concentra-se a maioria dos terrenos planos da região.

Ainda conforme as informações apresentadas no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PJF, 1996), a área de estudo conta com níveis satisfatórios de serviços e de infra–estrutura urbana (Tabela 06). Entretanto, não é o que se verifica nas periferias das regiões urbanas, sobretudo nas áreas de maior declividade ocupadas pela população carente.

As condições de renda apresentam-se bastante desfavoráveis, denunciadas pela média de 2,3 salários por família e proporção de 53,7% dos chefes de família com ganhos inferiores a 2 salários mínimos (PJF, 1996). É de se esperar que os menores valores de renda também estejam localizados entre os moradores das encostas da área.

Tipo de Serviço	População Atendida (%)
Coleta de lixo	91,4
Água encanada pela rede geral	94,7
Esgoto sanitário	92,4
Vias pavimentadas	83,0

Tabela 06 – Setor Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora / MG
Serviços e Infra–estrutura Urbana (PJF, 1996)

A área de estudo congrega, de modo geral, usos múltiplos do solo urbano, com grande número de lotes de pequenas dimensões e áreas ocupadas por estabelecimentos industriais de portes diversos, sobretudo em sua porção norte.

Também são observados conjuntos habitacionais voltados às camadas populares e serviços comerciais básicos, restritos às principais vias de circulação. Nas encostas restringem-se as sub-moradias e algumas áreas ainda desocupadas.

De acordo com informações prestadas pela Defesa Civil de Juiz de Fora, os problemas com movimentos de massa manifestam-se de forma mais proeminente nas Regiões Urbanas de Benfica (Bairros Vila Esperança I e II), Santa Cruz (Bairros São Judas Tadeu, Vila Melo Reis, Santa Lúcia e Santa Cruz) e Jóquei Clube (Bairro Jóquei Clube). Apesar de não apresentar as maiores incidências de acidentes deste tipo, dentro do contexto da área urbana (ainda conforme a Defesa Civil), o Setor Noroeste tem atualmente sua ocupação intensificada, constituindo o principal eixo de expansão urbana da cidade. Por esse motivo, grandes esforços de planejamento urbano e ambiental devem se voltar para esta área, para que no futuro sejam mantidos níveis aceitáveis de qualidade de vida urbana.

4.4 O Problema da Ocupação de Encostas e os Escorregamentos na Região Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora – MG

Por intermédio de inúmeras visitas realizadas à área de estudo, foi verificado que o processo de ocupação de encostas íngremes continua bastante acentuado nessa parcela do espaço urbano de Juiz de Fora. Assim como já havia sido apontado em trabalho anterior, as Regiões Urbanas de Benfica, Santa Cruz, Barbosa Lage, Barreira do Triunfo e Francisco Bernardino são as que apresentaram maior expansão de sua malha urbana a partir do início da década de 1990 (SOUZA et all, 1998). As áreas privilegiadas, desprovidas de risco ambiental, são geralmente ocupadas por famílias cujos integrantes principais (chefes de família) dedicam-se ao comércio local e ao trabalho nas inúmeras indústrias localizadas na região. Já as áreas de risco, localizadas na periferia da região, são ocupadas por uma população pauperizada e sem perspectivas.

A ocupação dessas áreas de risco parece obedecer a uma trajetória bastante clara, que se repete em inúmeros casos verificados na região. Em geral, as famílias participam de invasões a terrenos públicos ou privados em regiões mais centrais da cidade, fora da Região Noroeste da Área Urbana. Em função da baixa qualificação dos membros do grupo familiar, as opções mais freqüentes de trabalho encontram-se relacionadas às atividades informais que são desenvolvidas no núcleo central da cidade. Essas famílias vivem, em geral, da coleta de papelão e de lixo, da vigilância informal de veículos estacionados, dos tradicionais “bicos” e da mendicância. Portanto, a moradia no setor central da cidade representa questão estratégica de proximidade às suas fontes tradicionais de renda.

Como solução para o problema da invasão de terrenos, o poder público viabiliza a transferência dessa população, quase sempre forçada, para locais distantes do núcleo central da cidade. Dessa forma, é facilitada a aquisição de terrenos em áreas pouco propícias à ocupação, em geral desprovidas de infra–estrutura básica e atingidas pelos riscos de escorregamentos ou inundações. Mediante uma parcela mensal de cerca de R$20,00, que se arrasta por vários anos, as famílias podem adquirir seu lote “legalizado”, por intermédio da EMCASA, empresa municipal do setor de habitação. É por intermédio dessa prática que ocorre boa parte da ocupação de encostas íngremes na Região Noroeste da Área Urbana

de Juiz de Fora, ou seja, por transferência de uma parcela de população indesejada no núcleo central da cidade.

O fato de ter participado de invasões a terrenos localizados na região central da cidade torna-se, de certa maneira, moeda de troca como condição para a aquisição da casa própria, via transferência pela prefeitura. Quando a família não dispõe dessa "chance", muitas vezes acaba alugando a preços módicos os vários barracos construídos nas encostas, por aqueles moradores mais antigos, que ocupam as partes mais seguras dos bairros da Região Noroeste de Juiz de Fora. Quando indagados sobre a propriedade de suas precárias moradias alugadas, muitas pessoas respondem: "o dono mora lá embaixo, no pé do morro". Em geral, os aluguéis cobrados não passam de R$100,00.

Como alternativa viável para a sobrevivência da família, alguns de seus membros acabam se envolvendo com o tráfico de drogas, muitas vezes praticado nas favelas, sobretudo os filhos adolescentes. Os adultos, em geral, continuam praticando suas atividades informais no centro da cidade, desta vez com o empecilho de depender do transporte coletivo para o seu deslocamento diário.

Esquecidas pelo poder público, essas pessoas adquirem muito lentamente as melhorias de que necessitam para suas ruas e moradias. Em muitos dos casos, essa população não é sequer representada com dignidade pelas Associações de Moradores, que já se encontram sedimentadas nos núcleos tradicionais dos bairros, fora das áreas de risco. Dessa maneira, as obras são solicitadas através de incansáveis pedidos a vereadores e membros do poder municipal. Muitas vezes, conforme declarações de moradores locais, as tentativas de denúncia desses descasos na mídia da cidade representam motivos de represália e atrasos propositais nas obras solicitadas.

Por sua vez, as lentas melhorias obtidas representam motivo de transferência gradual da população para novas áreas, em geral para terrenos localizados em porções cada vez mais elevadas das encostas, contribuindo para a expansão da sub-moradia. A diminuição dos índices de risco, possibilitada pelas obras de contenção, calçamento e instalação de redes de captação pluvial, contribui para a inflação no preço de venda dos terrenos e nos aluguéis praticados nas encostas. Assim, os moradores literalmente "sobem cada vez mais os morros", ocupando terrenos mais baratos e expostos a riscos mais intensos de escorregamentos.

Muitas vezes são observadas trincas de tração tanto nos terrenos como no interior das residências construídas nas encostas da área de estudo, indicando a possibilidade de escorregamentos. Aliadas a este fato, a ausência de vegetação e a presença constante de lixo prejudicam ainda mais a qualidade ambiental da periferia dos bairros visitados.

Os casos mais críticos foram verificados nos bairros Vila Melo Reis e Santa Cruz, na Região Urbana de Santa Cruz; bairros Ponte Preta e Vila Esperança I e II, na Região Urbana de Benfica; e no bairro Jóquei Clube, Região Urbana do Jóquei Clube. As figuras 53, 54, 55, 56, 57 e 58 apresentam algumas imagens de locais onde foram verificadas ocorrências no período de 1997 a 2000.

Os escorregamentos verificados são sempre de natureza induzida, ou seja, propiciados pela ocupação irregular e pela realização de cortes com geometria inadequada, o que favorece a sobrecarga nas encostas da região. Quanto aos sub-tipos, são verificados tanto escorregamentos rotacionais quanto translacionais. Os movimentos quase sempre ocorrem em cortes realizados em vertentes convexas, de solos profundos e com inclinação entre 50° e 80°. As encostas, em geral, apresentam vegetação rasteira ou solo exposto, presença de lixo e, em alguns casos, lançamento de águas pluviais de partes a montante. Não foi verificado o lançamento de esgoto em nenhuma das encostas visitadas.

Em períodos de chuva, ao longo dos dias de seqüência pluvial ininterrupta, muitos moradores permanecem em vigília noturna, para que, ao menor sinal de acidente, os familiares sejam retirados do interior da residência. Este fato confirma as precárias condições de vida e de reprodução social enfrentadas pelos moradores das áreas de risco na Região Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora. Os trabalhos de campo serviram, acima de tudo, para evidenciar essa triste realidade, tão próxima de todos nós.

4.5 Análise dos Padrões Anuais e do Regime Mensal de Pluviosidade

Com base na precipitação anual, a partir dos dados fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Juiz de Fora, referente ao período de 1973 a 1999, foram obtidos os desvios-padrão apresentados na Figura 59. Posteriormente foi realizada a análise de agrupamento, com base nos totais de precipitação e respectivos desvios (Figura 60). Dessa forma, em função do desvio padrão (igual a 40% de desvio percentual) foram organizados os anos em cinco classes, conforme a Tabela 07.

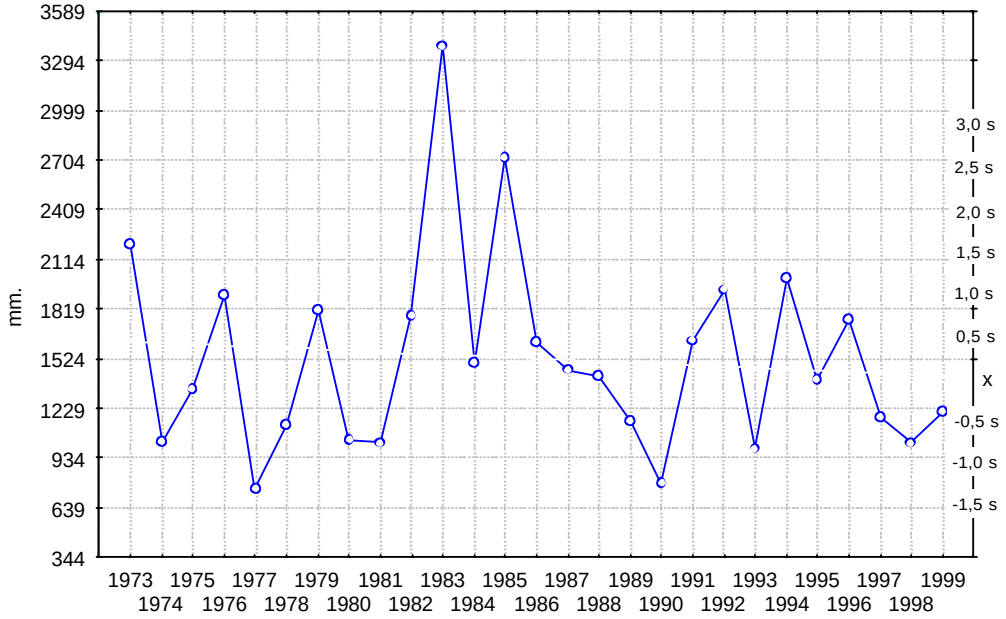


Figura 59 – Desvio Padrão da Precipitação Anual em Juiz de Fora / MG – 1973 / 1999
(Estação Climatológica Principal – INMET/UFJF)

Uma vez definidos os padrões anuais da precipitação local, foi realizada uma análise do regime das chuvas, com base na distribuição mensal dos valores percentuais de pluviosidade, em relação ao total de cada ano. Os resultados obtidos podem ser visualizados no pluviograma da Figura 61. Observa-se que os meses mais chuvosos concentram-se no período de primavera – verão, especialmente entre os meses de novembro a março. Por sua vez, os menores valores de precipitação são encontrados no outono – inverno, mais exatamente entre os meses de maio a agosto. Os meses de abril, setembro e outubro

caracterizam-se como meses de transição entre os períodos nitidamente secos e chuvosos.

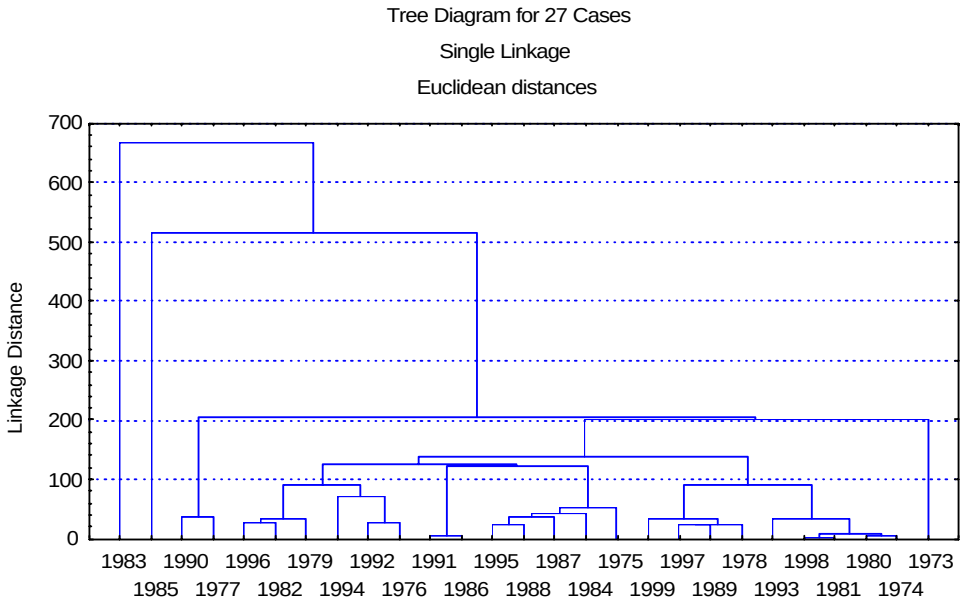


Figura 60 – Análise de Agrupamento da Precipitação Anual e Desvios - Padrão (1973 – 1999)

Padrão Anual	Desvio Padrão	Anos
Habitual	Entre 0,5 e –0,5	75, 79, 82, 84, 86, 87, 88, 91, 95, 96
Habitual com tendência a seco	Entre –0,5 e –1,0	74, 78, 80, 81, 89, 93, 97, 98, 99
Habitual com tendência a chuvoso	Entre 0,5 e 1,0	76, 92, 94
Seco	Abaixo de –1,0	77, 90
Chuvoso	Acima de 1,0	73, 83, 85

Tabela 07 – Padrão Anual da Precipitação em Juiz de Fora / MG – 1973 / 1999
(Estação Climatológica Principal – INMET/UFJF)

Entretanto, de acordo com o ritmo de atuação das massas de ar, podem surgir variações no comportamento mensal e sazonal das chuvas, delineadas conforme cada tipo de padrão anual na escala local e, geralmente, passíveis de generalização para todo o ambiente regional.

Os anos com padrão seco ou habitual com tendência a seco apresentam, em geral, períodos de estiagem mais longos ou anomalias como meses secos no período de primavera – verão. O ano de 1977 configura-se como um exemplo dessa situação, apresentando o mês de fevereiro como o mês mais seco

do ano, além de uma retomada mais tardia do volume de precipitação, observada somente no mês de novembro.

Já os anos com padrão chuvoso ou habitual com tendência a chuvoso apresentam, por outro lado, períodos mais longos de pluviosidade, invadindo o período de outono ou antecipando-se ainda no período de inverno. Dessa forma, podem ser observados meses com comportamento atípico, como os exemplos de setembro de 1983 ou de maio de 1994 que apresentaram chuvas além do esperado.

Os padrões anuais de pluviosidade encontrados no município de Juiz de Fora correlacionam-se de forma bastante nítida com os cartogramas de precipitação anual para a região de entorno. Assim, um determinado padrão encontrado na escala local geralmente é reflexo das condições observadas no plano regional, com raras exceções de anomalias pontuais. Essas correlações podem ser visualizadas nas Figuras 62 a 75, que representam os cartogramas anuais elaborados para a região de estudo no período de 1982 a 1995. Embora esta seqüência de dados seja inferior à seqüência de dados locais (1973 a 1999), considera-se a amostra válida para algumas inferências iniciais, baseadas na análise visual dos mapas de precipitação anual.

Algumas possíveis incompatibilidades entre os padrões local e regional das chuvas podem ser observadas somente em casos esparsos, como o exemplo do ano de 1993, caracterizado como habitual com tendência a seco em Juiz de Fora, mas aparentemente chuvoso na escala regional, em decorrência da alta pluviosidade sobre as áreas da Mantiqueira e Planalto de Itatiaia. A grande maioria dos anos observados apresenta coerência entre as diferentes escalas de abordagem.

4.6 Correlação entre as Ocorrências de Defesa Civil e a Pluviosidade

Após a pré–seleção dos tipos de ocorrências diretamente relacionados com os fenômenos de movimentos de massa, seus processos correlatos e a dinâmica pluvial, com base na classificação empregada pela Defesa Civil, passou-se à análise individual de cada grupo de registros. Para o reconhecimento dos níveis de correlação entre as ocorrências registradas e a precipitação pluvial, optou-se pela aplicação da técnica de correlação de Pearson. Em um primeiro momento, foi testada a correlação entre as ocorrências registradas e a precipitação do dia do registro. Os resultados foram representados na Tabela 08:

Tipo de Ocorrência	Índices de Correlação com a Precipitação Diária
1. Ameaça de desabamento de edificação	0,23
2. Desabamento parcial de edificação	0,21
3. Desabamento total de edificação	-0,07
4. Ameaça de desabamento de muro	0,22
5. Desabamento de muro	0,43
6. Ameaça de deslizamento de barranco	0,33
7. Deslizamento de barranco	0,57
8. Trinca laje/parede/muro/piso	-0,05
9. Rachadura laje/parede/muro/piso	-0,10
10. Infiltração laje/parede/muro/piso	0,31

Tabela 08
Índices de correlação calculados entre tipos de ocorrência e a precipitação do dia do registro
(Defesa Civil – Juiz de Fora / ECP – INMET/UFJF)

Verificou-se que as ocorrências de “Deslizamento de Barranco”, “Desabamento de Muro”, “Ameaça de Deslizamento de Barranco” e “Infiltração laje/parede/muro/piso” apresentaram os maiores índices de correlação com a precipitação do dia do registro, respectivamente com valores 0,57; 0,43; 0,33 e 0,31.

Em seguida, foram calculados os índices de correlação entre as ocorrências e os valores acumulados de precipitação de até 15 dias anteriores ao registro. Os resultados podem ser observados na Tabela 09 e na Figura 76. As ocorrências classificadas como “Deslizamento de Barranco” foram aquelas que apresentaram os maiores níveis de correlação com a precipitação acumulada, especialmente para os períodos de 3 e 4 dias. Posteriormente, encontram-se as ocorrências classificadas como “Ameaça de Desabamento de Edificação” e “Ameaça de Deslizamento de Barranco”, que também se correlacionam de forma positiva com a precipitação acumulada.

Com base nesses resultados, foram selecionados para representação no gráfico de análise rítmica as ocorrências “Deslizamento de Barranco” e “Ameaça de Deslizamento de Barranco”, em decorrência da melhor correlação com a precipitação (tanto do dia do registro como da chuva acumulada), e por constituírem manifestações ligadas aos movimentos de massa, mais especificamente aos escorregamentos.

Período de chuva acumulada	Índices de Correlação por Tipo de Ocorrência*									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 dia	0,14	0,13	0,06	0,10	0,16	0,14	0,25	0,01	0,03	0,15
2 dias	0,23	0,11	0,10	0,12	0,14	0,20	0,30	0,05	0,06	0,15
3 dias	0,24	0,09	0,08	0,15	0,12	0,20	0,32	0,04	0,10	0,17
4 dias	0,25	0,09	0,07	0,14	0,10	0,20	0,31	0,02	0,10	0,14
5 dias	0,24	0,08	0,06	0,13	0,10	0,20	0,31	0,01	0,11	0,12
7 dias	0,22	0,04	0,05	0,14	0,09	0,18	0,27	0,01	0,11	0,11
10 dias	0,22	0,04	0,07	0,13	0,10	0,20	0,26	0,02	0,08	0,12
15 dias	0,22	0,04	0,07	0,11	0,09	0,17	0,25	0,04	0,08	0,11

Tabela 09 - Correlação entre Pluviosidade Acumulada e Ocorrências Registradas pela Defesa Civil
*Os números dos tipos de ocorrência correspondem àqueles utilizados na Tabela 08.
(Fonte: Defesa Civil – Juiz de Fora / ECP – INMET/UFJF)

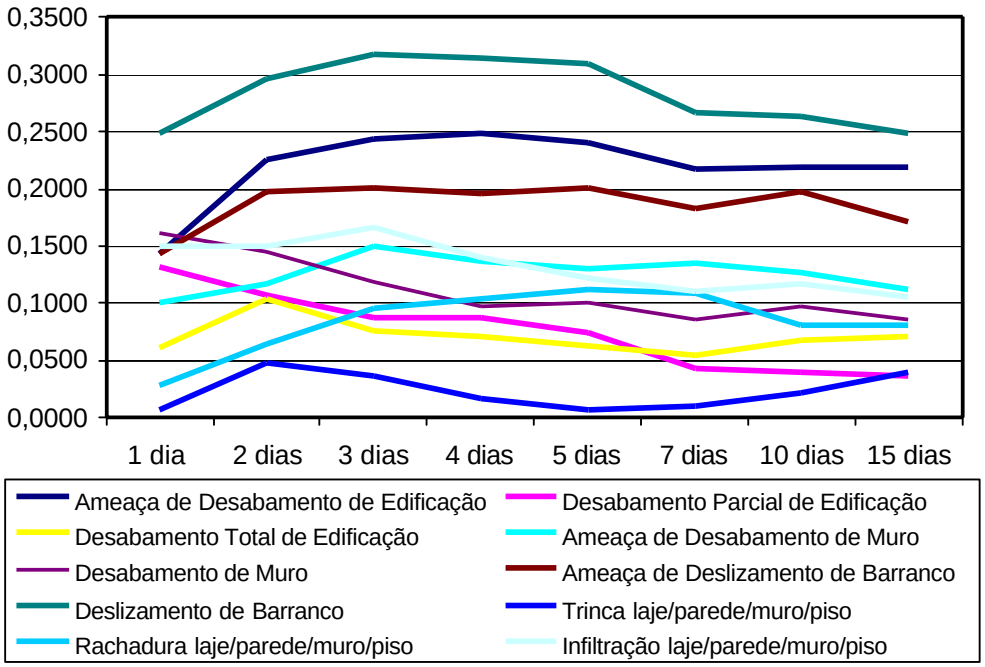


Figura 76 – Gráfico de Correlação entre as Ocorrências Registradas pela Defesa Civil e a Precipitação Acumulada. (Fonte: ECP - UFJF / Defesa Civil – Juiz de Fora)

4.7 O RITMO CLIMÁTICO EM JUIZ DE FORA – MG:

seqüências de tipos de tempo, pluviosidade e ocorrências de acidentes na Região Noroeste da Área Urbana

Primavera – Verão de 1996/1997 e de 1999/2000

A seleção dos períodos para análise conjunta do ritmo climático e das ocorrências registradas pela Defesa Civil foi realizada com base nas épocas mais críticas, ou seja, que apresentaram um maior número de ameaças e de acidentes registrados. Como já podia ser esperado, por intermédio da análise do comportamento pluvial da região, o período de primavera – verão é o mais representativo para tal abordagem. Portanto, os gráficos de análise rítmica foram elaborados com base nas estações de primavera – verão dos anos de 1996/1997 e de 1999/2000, que apresentaram os maiores índices de ocorrência ao longo dos últimos anos.

A Primavera – Verão de 1996/1997:

O período de primavera – verão 1996/1997 representou a transição de um ano com padrão de precipitação habitual para um ano com padrão habitual a seco. A primavera de 1996 em Juiz de Fora apresentou um comportamento pluvial compatível com as médias regionais para o período, marcado principalmente pelo início da estação chuvosa em setembro, posterior recuo da precipitação em outubro e retomada em novembro. Já o verão de 1997, caracterizou-se por um mês de janeiro bastante chuvoso, uma diminuição precoce da precipitação em fevereiro e discreta retomada em março. A análise da Prancha 01 (Anexo 01), que contém os gráficos de análise rítmica, e a das tabelas 10, 11 e 12 permitem um maior detalhamento da dinâmica climática e das suas relações com as ocorrências registradas pelo Departamento de Defesa Civil da Prefeitura de Juiz de Fora.

Período	Unid.	POLARES		TROPICAIS			FRONTAIS					
		PA	PV	TA	TA CONT	TA L.I.	FPA	FPA SQR	FPA DISSIP	FPA ESTAC	FPA REFL	REP. FPA
SET/96	Dias	6	3,5	2,5	1,5	3,5	7,5	1	4	0	0,5	0
	%	20,0	11,7	8,3	5	11,7	25,0	3,3	13,3	0	1,7	0
OUT/96	Dias	6,5	5,5	3,5	0	0	9,5	0	2	4	0	0
	%	21,0	17,7	11,3	0	0	30,5	0	6,5	13,0	0	0
NOV/96	Dias	4,5	7,5	0	0	0	6	3	4	5	0	0
	%	15,0	25,0	0	0	0	20,0	10,0	13,3	16,7	0	0
DEZ/96	Dias	0,5	3,5	1	0	1	13,5	2,5	7,5	1,5	0	0
	%	1,6	11,3	3,2	0	3,2	43,6	8,1	24,2	4,8	0	0
JAN/97	Dias	0	3	8	0	6	4,5	1	3	5,5	0	0
	%	0	9,7	25,7	0	19,4	14,5	3,2	9,7	17,8	0	0
FEV/97	Dias	0	0,5	15,5	0	3	2,5	2	1,5	0	0	3
	%	0	1,8	55,4	0	10,7	8,9	7,1	5,4	0	0	10,7
MAR/97	Dias	5,5	5,5	8,5	0	1,5	1	4,5	2,5	2	0	0
	%	17,7	17,7	27,3	0	4,8	3,2	14,5	8,3	6,5	0	0

Tabela 10 - Índices de Participação dos Sistemas Atmosféricos
em Juiz de Fora – MG / PRIMAVERA – VERÃO / 1996 – 1997

Período	Unid.	POLARES		TROPICAIS			FRONTAIS					
		PA	PV	TA	TA CONT	TA L.I.	FPA	FPA SQR	FPA DISSIP	FPA ESTAC	FPA REFL	REP. FPA
SET/96	mm	-	-	-	-	11,4	186,5	-	12,5	-	2,4	-
	%	-	-	-	-	5,4	87,6	-	5,9	-	1,1	-
OUT/96	mm	-	-	1,3	-	-	77,6	-	3,4	46,3	-	-
	%	-	-	1,0	-	-	60,4	-	2,6	36,0	-	-
NOV/96	mm	-	-	-	-	-	136,2	17,5	4,5	51,3	-	-
	%	-	-	-	-	-	65,0	8,4	2,1	24,5	-	-
DEZ/96	mm	-	6,0	-	-	2,0	191,8	25,7	46,5	-	-	-
	%	-	2,2	-	-	0,7	70,6	9,4	17,1	-	-	-
JAN/97	mm	-	-	-	-	29,9	71,8	-	15,9	212,2	-	-
	%	-	-	-	-	9,1	21,8	-	4,8	64,3	-	-
FEV/97	mm	-	-	-	-	13,3	14,7	17,9	-	-	-	1,0
	%	-	-	-	-	28,4	31,3	38,2	-	-	-	2,1
MAR/97	mm	-	6,8	-	-	20,6	68,2	28,7	23,4	37,0	-	-
	%	-	3,7	-	-	11,2	36,9	15,5	12,7	20,0	-	-

Tabela 11 – Gênese Pluvial em Juiz de Fora – MG
PRIMAVERA – VERÃO / 1996 – 1997

		SET/96	OUT/96	NOV/96	DEZ/96	JAN/97	FEV/97	MAR/97
EIXO PRINCIPAL[1]	DIAS DE ATUAÇÃO	11	15,5	15	22,5	13	4	5,5
EIXO REFLEXO[2]	DIAS DE ATUAÇÃO	1,5	0	3	2,5	1	5	4,5

[1] Eixo Principal: FPA, EST, DIS
[2] Eixo Reflexo: FPR, QTE, REP

Tabela 12 – Quadro de Atividade Frontal em Juiz de Fora – MG
PRIMAVERA – VERÃO / 1996 – 1997

Setembro/1996

O mês de setembro de 1996 se iniciou com um forte evento pluvial no dia 1º (93 mm.), produzido pela atuação da Massa Tropical Atlântica contendo linhas de instabilidade, seguida por rápida passagem da Frente Polar Atlântica. Tal evento não foi acompanhado por nenhum registro de acidente por parte da Defesa Civil, provavelmente em função da pronunciada estiagem que o precedeu no mês de agosto. Este mês de setembro foi caracterizado por 11 dias sob a atuação do eixo principal da Frente Polar Atlântica, o qual respondeu por mais de 90% das chuvas no período. No entanto, apesar da grande atividade frontal, também não foram verificados registros de acidentes.

Observam-se ainda, no início de setembro, alguns dias sob a atuação da Massa Polar Atlântica, sempre na retaguarda das frentes, causando quedas significativas das temperaturas, sobretudo das máximas. A partir do dia 23, é verificado o enfraquecimento das atividades frontais e das massas polares, com o posterior domínio das massas tropicais, em alguns momentos apresentando linhas de instabilidade. Este período de final de mês é caracterizado pela queda acentuada da precipitação, ocorrendo apenas pequenos eventos pluviais nos dias 28 e 30, não ultrapassando o limite de 20 mm. diários.

Outubro/1996

O mês de outubro iniciou-se sob a ação da Massa Polar Atlântica e de seu posterior envelhecimento, o que caracterizou a ausência de chuvas. A primeira configuração da Frente Polar Atlântica deste mês, nos dias 3 e 4, foi responsável pelo início das chuvas, porém em níveis ainda pouco significativos. O surgimento de um setor quente de retorno no continente, já no dia 6, contribuiu para mais alguns milímetros de precipitação, desta vez produzindo duas ocorrências de ameaça de deslizamento no dia 7 e posteriores acidentes nos dias 8 e 9. Outro acidente foi registrado no dia 12, todavia sem nenhum registro de chuva, sob a ação da Massa Tropical Atlântica, o que faz pensar no volume precipitado anteriormente, ao longo do mês de setembro (137,2 mm.). Nova atividade frontal ocorreu nos dias 14 e 15, seguida da Massa Polar Atlântica e Massa Polar Velha. Nestes dias, não foram verificados registros de pluviosidade nem de acidentes nas encostas.

Nos dias 20, 21 e 22, foi observada, mais uma vez, a configuração do eixo principal da Frente Polar Atlântica, desta vez com resultados pluviais significativos no dia 22. O rápido enfraquecimento do eixo principal da Frente Polar e o curto domínio da Massa Polar Atlântica nos dias 23 e 24, respectivamente, deram lugar a uma nova passagem frontal e posterior estacionamento da frente entre os dias 25 e 30. Tal evento contribuiu para os índices crescentes de precipitação entre os dias 24 e 28. Esta chuva acumulada, aliada ao total precipitado no dia 22, foi responsável pela ocorrência de um acidente, registrado no dia 27. Finalmente, os dias 30 e 31 foram marcados pela entrada da Massa Polar já envelhecida, com diminuição da nebulosidade e retomada gradual das temperaturas.

Outubro finaliza-se com um saldo de duas ameaças de deslizamentos e de quatro deslizamentos registrados, todos os casos ocorridos sob a atuação da Frente Polar Atlântica e da Frente Estacionária. Observa-se ainda que tais registros ocorreram sob condições de precipitação a qual não ultrapassou o limite de 30 mm. diários.

Neste mês, o eixo principal da Frente Polar atuou por 15,5 dias, sendo que mais de 90% da precipitação foi proveniente da atuação direta da Frente Polar Atlântica, da Frente Polar Estacionária e da Frente Polar em Dissipação. É também a Frente Polar Atlântica que responde pelo maior percentual de atuação entre os sistemas atmosféricos, com manifestações em cerca de 30% dos dias do mês. Em seguida, verificam-se a Massa Polar Atlântica e a Massa Polar Velha, que se configuraram, respectivamente, em 21% e 17,7% dos dias de outubro.

Novembro/1996

A característica de baixa pluviosidade observada em outubro permaneceu válida por toda 1ª quinzena de novembro. O mês inicia-se com uma passagem da Frente Polar Atlântica e a configuração da Frente Estacionária até o início do dia 5. Nestes dias, foi observado baixa incidência pluvial, sendo que a barreira dos 20 mm. diários não foi ultrapassada. Entretanto, no dia 4, sob condições de estacionamento da Frente Polar, foi registrado um deslizamento na área de estudo, mesmo sem valores significativos de chuva acumulada. Com a entrada da Massa Polar Atlântica no final do dia 5, cessaram as chuvas, condição que

permaneceu até o dia 14, devido ao enfraquecimento lento e gradual da Massa Polar.

O dia 14 de novembro marcou a retomada significativa das chuvas na primavera – verão de 1996/1997, por intermédio da entrada da Frente Polar já no final do dia. Tal atividade frontal permaneceu ativa entre os dias 14 e 24, produzindo em Juiz de Fora uma seqüência de dias chuvosos bastante vigorosa.

A precipitação, que se iniciara no dia 14, prosseguiu pelo dia 15, repetindo-se no dia 16, contudo sem ultrapassar a barreira dos 20 mm. em cada um dos dias. Com o estacionamento da frente, posterior configuração de setor quente de retorno no continente, reativação do eixo principal e novo estacionamento, entre os dias 17 e 22, as chuvas se intensificaram, apresentando valores diários crescentes neste período de 6 dias, com um total de quase 180 mm. Com o enfraquecimento e a dissipação da Frente Polar, já nos dias 23 e 24, os valores pluviais diários apresentaram sensível e gradual queda, cessando no dia 25.

O encadeamento dos sistemas atmosféricos, responsável por uma seqüência pluvial de tendência crescente, possibilitou o registro de seis ameaças de deslizamentos e de cinco deslizamentos no período compreendido entre os dias 21 e 25 de novembro. Nota-se que, mesmo com a diminuição das chuvas, as ocorrências ainda persistem nos dias que seguem, provavelmente em função do limite de saturação do solo já ter sido atingido.

O final do mês de novembro foi caracterizado pela entrada da Massa Polar Atlântica e por seu envelhecimento entre o final do dia 24 e o início do dia 28. Do final do dia 28 até o dia 30, foi verificada a configuração de uma Frente Polar com Setor Quente de Retorno no continente, porém sem evidenciar qualquer manifestação pluvial ou de acidentes nas encostas.

Este mês, a exemplo de outubro, também foi caracterizado por grande atividade frontal, sendo que 15 dias foram registrados sob a atuação do eixo principal da Frente Polar. A Frente Polar Atlântica e a Frente Polar Estacionária responderam em conjunto por quase 90% das chuvas de novembro. Quanto aos índices de participação, foi observada a grande manifestação da Massa Polar Velha, incidindo sobre Juiz de Fora em 25% dos dias do mês, seguidos da Frente Polar Atlântica, Frente Polar Estacionária e Massa Polar Atlântica, respectivamente em 20%, 16,7% e 15% de todo o período mensal.

Dezembro/1996

Nos primeiros dias do mês de dezembro, foi verificada a dissipação do eixo de retorno da Frente Polar que havia se configurado nos últimos dias de novembro. Tal fenômeno produziu pequena quantidade de chuva, ainda no dia 2, dando lugar a uma nova Frente Polar Atlântica nos dias 3 e 4. Em seguida, foram observadas rápidas mudanças na evolução dos sistemas atmosféricos, com a configuração da Frente Polar em Dissipação (início do dia 5), Frente Polar Atlântica com Setor Quente de Retorno no continente (final de dia 5), domínio da Massa Tropical Atlântica (dia 6), manifestação de linhas de instabilidade (dia 7) e, finalmente, nova entrada de Frente Polar no dia 8. Esse encadeamento provocou uma seqüência pluvial de baixos valores entre os dias 4 e 8, sendo que nenhum desses dias apresentou precipitação superior a 10 mm. No entanto, mesmo sob condições de baixa pluviosidade diária, foram registrados pela Defesa Civil 1 ameaça de deslizamento no dia 5 e três deslizamentos nos dias 3, 4 e 5.

A passagem frontal observada no dia 8 e continuada no dia 9 não apresentou resultados pluviais, entrando em dissipação nos dias 10 e 11. Ainda no dia 11, iniciou-se em Juiz de Fora a atuação de uma nova Frente Polar, desta vez mais vigorosa, denunciada pela queda repentina da pressão atmosférica e pela alta dos índices de umidade do ar. Dessa forma, o dia 12 de dezembro inicia-se com altos valores pluviométricos, fechando o dia com mais de 40 mm. Essa tendência apresenta prosseguimento no dia 13, quando então foram verificados 63,4 mm de chuva. O total superior a 100 mm acumulados em apenas dois dias foi suficiente para o registro de uma ameaça de deslizamento, ainda no dia 12, e pela deflagração de três deslizamentos, entre os dias 12 e 13 de dezembro.

Apesar do estacionamento da Frente Polar no dia 14, não foi registrada qualquer manifestação pluvial neste dia. No início do dia 15, a Frente Polar Estacionária ainda precipitou 25,1 mm. em Juiz de Fora, dando lugar à Massa Polar Atlântica no mesmo dia. Já no dia 17, sob nova configuração da Frente Polar Atlântica, as chuvas apresentaram continuidade, porém com baixos e homogêneos valores diários. Esta tendência pluvial se estendeu praticamente até o dia 27, com seqüências de enfraquecimento, formação de eixo de retorno e reativação da Frente Polar. Os dias 27 e 28 foram marcados pela entrada da Massa Polar Atlântica, contudo já enfraquecida, contribuindo para o fim do período de dias chuvosos.

Diante desse encadeamento de sistemas atmosféricos, com resultados pluviais fracos e constantes, foram verificadas duas ameaças de deslizamentos, nos dias 23 e 28, além de dois deslizamentos, ocorridos nos dias 19 e 23. O grande resultado dessa seqüência pluvial do final do mês de dezembro foi observado posteriormente, com a formação de novo eixo da Frente Polar Atlântica e conseqüências bastante negativas para a estabilidade das encostas na área de estudo, já no mês de janeiro de 1997.

A atividade frontal no mês de dezembro foi extremamente intensa, sendo que o eixo principal da Frente Polar atuou por 22,5 dias. Mais uma vez, a quase totalidade da precipitação deveu-se à Frente Polar Atlântica e à Frente Polar Estacionária. Neste mês, as invasões de massas polares apresentaram ligeira queda, já que os sistemas frontais (eixo principal e reflexo) atuaram em mais de 80% dos dias.

Janeiro/1997

Ainda no dia 29 de dezembro, apresenta-se sobre Juiz de Fora uma nova e vigorosa Frente Polar Atlântica, promovendo resultados pluviais crescentes nos últimos dias do ano. Esse mesmo sistema frontal prosseguiu dominando as condições atmosféricas sobre Juiz de Fora no início do mês de janeiro/1997, estacionando e culminando com uma precipitação de 69,6 mm. no dia 6. No dia 7, a Frente Polar entrou em processo de dissipação, cessando as manifestações pluviais.

Esse período chuvoso provocou extremo impacto sobre as encostas da Região Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora, causando uma série de registros de ameaças e de acidentes propriamente ditos. A seqüência pluvial ocorrida durante toda a segunda quinzena de dezembro/1996, de chuvas fracas e constantes em função do avanço e recuo da Frente Polar, parece ter contribuído para o processo de saturação dos solos, aumentando sua fragilidade e configurando um limite próximo para a deflagração de escorregamentos.

Acompanhando a tendência crescente dos valores pluviais, as ocorrências registradas pela Defesa Civil iniciaram-se ainda em 31 de dezembro, culminando no dia 6 de janeiro e decrescendo até o dia 10. Logo, foram verificados os totais de 7 ameaças de deslizamentos e de 30 deslizamentos ocorridos no prazo de apenas 11 dias. Observa-se que, mesmo nos dias 9 e 10 de janeiro, já sob

domínio da Massa Tropical Atlântica e nenhuma chuva, ainda foram registrados acidentes.

A Massa Tropical Atlântica cedeu lugar a uma nova Frente Polar somente no dia 12, quando então iniciou-se nova seqüência pluvial. A rápida evolução do sistema frontal possibilitou a entrada da Massa Polar Velha, ainda no dia 14, o domínio da Massa Tropical Atlântica no dia 15 e o surgimento de linhas de instabilidade no início do dia 16. Ainda neste último dia, observa-se a entrada de mais uma Frente Polar, atuando também por todo o dia 17 e, então, finalizando a seqüência pluvial no dia 18.

Esse período chuvoso de cerca de uma semana contribuiu para os últimos registros da Defesa Civil no mês de janeiro, sendo verificados uma ameaça de deslizamento no dia 13, quatro deslizamentos no dia 15 e um no dia 20 (este último após o término das chuvas).

A partir do dia 20 de janeiro, o grande domínio da Massa Tropical Atlântica possibilitou uma sensível queda da precipitação e, consequentemente, dos acidentes nas encostas. Apenas nos dias 26 e 28 ocorreram chuvas incipientes em decorrência do surgimento de linhas de instabilidade no interior da Massa Tropical. Esta mesma massa finaliza o mês de janeiro ainda com vigor significativo, adentrando o mês de fevereiro.

No mês de janeiro, houve grande participação dos sistemas tropicais, que atuaram em quase 50% dos dias. Todavia, praticamente todas as manifestações pluviais deveram-se à atuação da Frente Polar, sobretudo da Frente Polar Estacionária. Foram configurados 13 dias sob a atuação do eixo principal da Frente Polar no mês de janeiro, porém o longo período de atuação, ocorrido entre o dia 1º e o dia 8, foi responsável por boa parte da precipitação do mês.

Fevereiro/1997

O mês de fevereiro de 1997 mostrou-se extremamente seco em relação à média histórica (1973 – 1999), que é de 196,7 mm., devido principalmente ao grande domínio da Massa Tropical e às incursões pouco vigorosas da Frente Polar.

Nos dias 1º e 2, o surgimento de linhas de instabilidade no interior da Massa Tropical possibilitou a precipitação incipiente de pouco mais de 20 mm. nos

dois dias. O período sem chuvas se estendeu até o dia 24, mesmo com a interrupção do domínio da Massa Tropical pela incursão de uma Frente Polar no dia 18. A partir do dia 24, devido à manifestação de linhas de instabilidade e à entrada de nova Frente Polar no dia 25, verificou-se a retomada de uma seqüência pluvial, alimentada ainda pela conformação de um setor quente de retorno da Frente Polar nos dias 27 e 28, que se prolongaria até o dia 5 do mês seguinte.

No dia 19, foi registrado um deslizamento na área de estudo. Entretanto, devido à ausência de chuvas, tanto no dia de ocorrência como nos 15 dias anteriores, pode-se concluir que o referido acidente não apresentou qualquer relação com a dinâmica pluvial. Somente no último dia do mês (28/02), foi verificado outro deslizamento pela Defesa Civil, desta vez em decorrência das fracas chuvas provocadas pelo recuo da Frente Polar.

No mês de fevereiro, os sistemas tropicais dominaram as condições de tempo sobre Juiz de Fora por mais de 65% dos dias, possibilitando apenas 4 dias sob a atuação do eixo principal da Frente Polar. Ainda assim, mesmo sendo um mês de baixos valores pluviais, sua maior parte esteve ligada aos sistemas frontais.

Março/1997

A Frente Polar com Setor Quente de Retorno que havia se manifestado nos últimos dias de fevereiro teve seu recuo barrado, tornando-se uma Frente Polar Estacionária que atuou nos dois primeiros dias do mês de março. Esses dois dias, somados aos dias 3 e 4, quando o sistema frontal já se encontrava em processo de dissipação, foram responsáveis pela precipitação ocorrida no período. Apesar do evento pluvial de mais de 50 mm. ocorrido no dia 2, não foram realizados registros até o dia 13 pela Defesa Civil de Juiz de Fora, possivelmente em função do longo período de estiagem verificado no mês anterior (de 3 a 23/2), pois as condições atmosféricas eram estáveis, graças ao domínio da Massa Tropical Atlântica.

Já no dia 14, com o surgimento de linhas de instabilidade no interior da massa tropical, que há dias atuava, e a posterior invasão de uma nova Frente Polar Atlântica, iniciou-se um novo e curto período de chuvas até o dia 16. Neste último dia, o evento derradeiro despejou sobre Juiz de Fora um total de 68,2 mm. de precipitação sem, no entanto, causar grandes impactos às encostas da região. Somente no dia 14, sob condições de baixíssima precipitação, foi verificado um

deslizamento por parte da Defesa Civil, o que faz pensar no volume precipitado anteriormente (118,4 mm.), entre os dias 24/2 e 05/3.

Ainda no final do dia 16 de março, ocorreu a primeira invasão significativa do ano da Massa Polar Atlântica em Juiz de Fora, fato que contribuiu para a queda das temperaturas e ausência da precipitação. Essa Massa Polar, posteriormente Massa Polar Velha, permaneceu ativa sobre a região até o dia 25. No dia 26, ocorreu a chegada de uma Frente Polar já em processo de dissipação, provocando chuva fraca, sem registros de acidentes.

Na seqüência dos tipos de tempo, uma nova Massa Polar Atlântica alcançou a cidade nos dias 27 e 28, dando lugar a uma Frente Polar com Setor Quente de Retorno nos dias 29, 30 e 31. Esse último sistema provocou os últimos eventos pluviais do mês de março sem, no entanto, causar transtornos à comunidade local, em virtude dos baixos valores registrados.

Além do deslizamento registrado em 14 de março, outro foi observado no dia 20, porém sem qualquer relação aparente com a dinâmica pluvial.

No mês de março/1997, houve participação significativa dos sistemas tropicais em mais de 30% dos dias. A Massa Polar Atlântica e a Massa Polar Velha também atuaram, em conjunto, por mais de 35% dos dias do mês. O eixo principal da Frente Polar atuou apenas por 5,5 dias, todavia responsabilizando-se por mais de 50% da precipitação mensal, especialmente por intermédio da Frente Polar Atlântica e da Frente Polar Estacionária.

A Primavera – Verão de 1999/2000:

O período de primavera do ano de 1999 representou o final de um ano de padrão habitual com tendência a seco, cujo início do período chuvoso somente veio a ocorrer no mês de novembro. Já o verão de 2000 foi configurado por um mês de janeiro com precipitação levemente acima da média, fevereiro com precipitação incipiente e março com precipitação ligeiramente abaixo da média histórica. Devido à falta dos dados do restante do ano de 2000, não foi possível identificar o seu padrão de precipitação anual. A análise da Prancha 02 (Anexo 02), que contém os gráficos de análise rítmica, e a das tabelas 13, 14 e 15 permitem um maior detalhamento da dinâmica climática e das suas relações com as ocorrências registradas pela Defesa Civil da Prefeitura de Juiz de Fora no período de primavera – verão de 1999/2000.

Período	Unid.	POLARES		TROPICAIS			FRONTAIS					
		PA	PV	TA	TA CONT	TA L.I.	FPA	FPA SQR	FPA DISSIP	FPA ESTAC	FPA REFL	REP. FPA
SET/99	Dias	11	2	8,5	-	2	5	1	0,5	-	-	-
	%	36,6	6,7	28,3	-	6,7	16,7	3,3	1,7	-	-	-
OUT/99	Dias	17,5	3,5	1,5	-	-	6,5	1	1	-	-	-
	%	56,5	11,3	4,8	-	-	21,0	3,2	3,2	-	-	-
NOV/99	Dias	5,5	5	2	-	-	7	4,5	1	5	-	-
	%	18,3	16,7	6,7	-	-	23,3	15,0	3,3	16,7	-	-
DEZ/99	Dias	1,5	8,5	2	0,5	3,5	5,5	1	1	7	0,5	-
	%	4,8	27,5	6,5	1,6	11,3	17,7	3,2	3,2	22,6	1,6	-
JAN/00	Dias	2	1,5	9,5	-	5,5	6,5	2	3	1	-	-
	%	6,5	4,8	30,6	-	17,7	21,0	6,5	9,7	3,2	-	-
FEV/00	Dias	2,5	6,5	5	-	6	4	1,5	-	3,5	-	-
	%	8,6	22,4	17,2	-	20,7	13,8	5,2	-	12,1	-	-
MAR/00	Dias	4	5	8	-	3,5	4	3	1	1	-	-
	%	12,9	16,1	25,8	-	11,3	12,9	9,7	3,2	3,2	-	-

Tabela 13 – Índices de Participação dos Sistemas Atmosféricos
em Juiz de Fora – MG / PRIMAVERA – VERÃO / 1999 – 2000

Período	Unid.	POLARES		TROPICAIS			FRONTAIS					
		PA	PV	TA	TA CONT	TA L.I.	FPA	FPA SQR	FPA DISSIP	FPA ESTAC	FPA REFL	REP. FPA
SET/99	mm	-	-	-	-	-	33,1	0,1	1,6	-	--	-
	%	-	-	-	-	-	95,1	0,3	4,6	-	-	-
OUT/99	mm	-	4,6	-	-	-	47,5	6,3	3,4	-	-	-
	%	-	7,4	-	-	-	76,9	10,2	5,5	-	-	-
NOV/99	mm	-	-	-	-	-	120,7	32,1	0,2	19,3	-	-
	%	-	-	-	-	-	70,1	18,6	0,1	11,2	-	-
DEZ/99	mm	-	9,6	-	-	25,4	49,8	-	1,5	185,4	33,2	-
	%	-	3,1	-	-	8,3	16,3	-	0,5	60,9	10,9	-
JAN/00	mm	-	5,8	-	-	29,5	183,0	77,4	18,8	26,2	-	-
	%	-	1,7	-	-	8,7	53,7	22,7	5,5	7,7	-	-
FEV/00	mm	-	1,8	-	-	19,2	32,4	-	-	48,8	-	-
	%	-	1,8	-	-	18,8	31,7	-	-	47,7	-	-
MAR/00	mm	-	0,2	0,3	-	7,8	50,2	84,2	11,0	12,1	-	-
	%	-	0,1	0,2	-	4,7	30,3	50,8	6,6	7,3	-	-

Tabela 14 – Gênese Pluvial em Juiz de Fora – MG
PRIMAVERA – VERÃO / 1999 – 2000

		SET/99	OUT/99	NOV/99	DEZ/99	JAN/00	FEV/00	MAR/00
EIXO PRINCIPAL[1]	DIAS DE ATUAÇÃO	5,5	7,5	13	13,5	10,5	7,5	7,5
EIXO REFLEXO[2]	DIAS DE ATUAÇÃO	1	1	4,5	1,5	2	1,5	3

[1] Eixo Principal: FPA, EST, DIS
[2] Eixo Reflexo: FPR, QTE, REP

Tabela 15 – Quadro de Atividade Frontal em Juiz de Fora – MG
PRIMAVERA – VERÃO / 1999 – 2000

Setembro/1999

O mês de setembro/1999 se iniciou sob a ação da Massa Tropical Atlântica, que atuou do dia 1º até o dia 8, apenas manifestando linhas de instabilidade no dia 6, porém sem o registro de chuvas. A partir do dia 11, devido à atuação de uma Frente Polar Atlântica desde o dia 9, iniciaram-se as fracas chuvas deste mês. Após a ação do eixo principal da Frente Polar (dias 9 e 10) e de um breve período de dissipação (a partir do dia 11), houve novamente sua reativação (dias 12 e 13), o domínio da Massa Tropical Atlântica (dia 14) e a definição de um setor quente de retorno na manhã do dia 15, sendo que na outra metade deste dia o eixo principal voltou a se reativar. Na seqüência dos tipos de tempo ocorreu uma vigorosa invasão da Massa Polar Atlântica (dia 16), que dominaria as condições de tempo sobre Juiz de Fora até o dia 21.

Essa grande massa de origem polar manteve-se ativa praticamente até a manhã do dia 26, quando entrou em processo de envelhecimento, tendo sido interrompida apenas por uma Frente Polar Atlântica com setor quente de retorno no dia 22. Na tarde do dia 28 e manhã do dia 29, observa-se uma breve atuação da Massa Tropical Atlântica, precedendo a rápida incursão de uma nova Frente Polar Atlântica no final do dia 29 que, por sua vez, foi sucedida pela Massa Polar Atlântica de reduzido valor de temperatura, finalizando setembro. Este mês se caracterizou pela fraca pluviosidade e pela ausência de ocorrências de deslizamentos ou mesmo de ameaças registradas pelo Departamento de Defesa Civil.

No mês de setembro/1999, houve uma grande participação da Massa Polar Atlântica (36,6% dos dias), seguida da Massa Tropical Atlântica (28,3% dos dias), ambas as maiores responsáveis pela estabilidade e pela conseqüente ausência de chuvas. Foram registrados apenas 5,5 dias de atuação do eixo principal da Frente Polar. Entretanto, os 34.8 mm. de precipitação mensal foram totalmente produzidos pelos sistemas frontais que atuaram neste mês.

Outubro/1999

O mês de outubro/1999 iniciou-se sob o domínio da Massa Polar Atlântica em processo de tropicalização (Massa Polar Velha), rapidamente substituída, na tarde do primeiro dia, pela Massa Tropical Atlântica. Tais sistemas

favoreceram uma nova e rápida incursão da Frente Polar no dia 2, já em dissipação no início do dia 3, com produção de valores incipientes de precipitação. Da tarde deste dia até a manhã do dia 15, ocorreu um grande domínio das condições atmosféricas por parte da Massa Polar Atlântica, somente interrompido pela breve passagem de uma Frente Polar no dia 8, período no qual praticamente não choveu.

Após uma breve atuação da Massa Tropical Atlântica (dias 15 e 16) sobre Juiz de Fora, ocorreu a passagem de uma Frente Polar já mais vigorosa que as anteriores, bastante ativa até a manhã do dia 18, quando então passou a se revezar com a Massa Polar Atlântica, chegando a recuar no dia 22 e a novamente se definir nos dias 26 e 27. Desta forma, as chuvas geradas por esta seqüência de tipos de tempo atingiram, nos dias 20 e 21, valores mais expressivos, embora os registros pluviais de pequena monta tenham alcançado o final deste mês. A este ritmo atmosférico sobre Juiz de Fora esteve acoplado o registro de uma ameaça de deslizamento no dia 21, única ocorrência observada neste mês.

No mês de outubro/1999, ocorreu grande atuação das massas polares em Juiz de Fora (quase 70% dos dias), o que explica os baixos teores pluviais. Em seguida, verificou-se a atuação da Frente Polar Atlântica (21% dos dias). Mais uma vez, a quase totalidade das precipitações pluviais (mais de 90%) foi de responsabilidade dos sistemas frontais.

Novembro/1999

Novembro/1999 iniciou-se em Juiz de Fora sob a atuação da Massa Polar Velha, ainda decorrente da invasão polar dos últimos dias do mês de outubro. Sua total tropicalização ocorreu nos dias 3 e 4, quando foi substituída pela Massa Tropical Atlântica. No dia 5, a entrada de uma Frente Polar Atlântica originou a primeira seqüência pluvial significativa do período de primavera – verão 1999/2000.

A atuação da referida Frente Polar ocorreu de forma bastante oscilante entre os dias 5 e 14 de novembro, apresentando momentos de estacionamento, início de dissipação, reativação e recuo, além de grande contribuição pluvial e de impactos nas encostas da Região Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora. Justamente nesta fase, foram observadas as primeiras ocorrências de deslizamentos pela Defesa Civil no período. Além de uma ameaça registrada no dia

10, ocorreram ainda deslizamentos nos dias 9, 10 e 14 (uma ocorrência em cada um dos dias).

No dia 15, a entrada de uma Massa Polar Atlântica contribuiu para o final do período chuvoso, retomado no dia 18 com a manifestação de uma Frente Polar Atlântica com Setor Quente de Retorno. Mais uma vez, o ritmo oscilante dos sistemas frontais foi responsável pela configuração de vários dias chuvosos, embora com totais diários geralmente inferiores a 10mm. Dessa maneira, a fraca pluviosidade não foi suficiente para a deflagração de novos acidentes nas encostas da área de estudo.

Finalmente, na tarde do dia 27 de novembro, as oscilações da Frente Polar cessaram, dando lugar à Massa Polar Atlântica que, apesar de enfraquecida, ainda atuou com vigor no dia 28, tropicalizando-se a partir do dia 29.

O mês de novembro/1999 foi marcado pela participação equilibrada dos sistemas frontais e polares, além de poucos dias sob a atuação dos sistemas tropicais. A atuação do eixo principal da Frente Polar Atlântica por um total de 13 dias foi também responsável por mais de 80% da precipitação no período. O restante das chuvas ocorreu graças à atuação do seu eixo reflexo através de setores quentes de retorno sobre o continente.

Dezembro/1999

O mês de dezembro/1999 teve início sob a ação da Massa Polar Velha, resultado da última incursão polar no final de novembro. Ainda no dia 1º, foi observada uma rápida atuação da Frente Polar Reflexa, implicando em um evento chuvoso no dia seguinte, de quase 40 mm. Os dias 2 e 3 foram dominados novamente pela Massa Polar Velha, que adquiriu características tropicais, e no dia 4 cedeu lugar à primeira Frente Polar Atlântica do mês.

Essa manifestação frontal permaneceu ativa até o dia 15, sendo que se configurou como Frente Polar Estacionária entre os dias 8 e 14, apenas interrompida por um setor quente de retorno no dia 10. Tal período foi caracterizado por valores pluviais bastante significativos, culminando com um evento no dia 8, com cerca de 80 mm. Entre os dias 8 e 14, a precipitação permaneceu ativa, porém com comportamento decrescente. Ao final dessa seqüência pluvial foi verificada apenas

uma ocorrência de ameaça de deslizamento no dia 14, sendo que não ocorreram, portanto, acidentes propriamente ditos.

Após a dissipação da Frente Polar ocorrida no dia 15, a região foi invadida por uma grande Massa Polar, no entanto já em processo de tropicalização. Essa massa permaneceu atuando até o dia 20, praticamente fazendo com que as chuvas cessassem. No dia 19, foi registrada outra ocorrência de ameaça de deslizamento, porém sem relação aparente com a dinâmica pluvial, em função da ausência das chuvas, tanto no dia do registro como nos dias que o antecederam.

O dia 21 foi marcado pelo domínio da Massa Tropical Atlântica, devido ao forte aquecimento sofrido pela Massa Polar Velha. No dia 22, observou-se a configuração de um ramo continental no interior dessa Massa Tropical, contudo sem grandes repercussões nos elementos climáticos observados.

No dia 23, ocorreu nova invasão da Frente Polar Atlântica, produzindo baixos valores pluviais até o dia 25. O domínio da Massa Polar Atlântica, na retaguarda do sistema frontal, se estendeu até o início do dia 28, quando se configurou novamente a atuação da Massa Tropical Atlântica com Linhas de Instabilidade até o dia 31. Os últimos dias do mês não apresentaram registros de ameaças nem de deslizamentos, essencialmente em virtude da baixa e descontínua precipitação no período.

O mês de dezembro/1999 apresentou uma participação de percentuais equilibrados entre os sistemas polares, tropicais e frontais. Foram configurados 13,5 dias sob atuação do eixo principal da Frente Polar, sendo que mais de 60% da precipitação ocorreu em função da Frente Polar Estacionária. Mesmo com um total pluviométrico acima da média histórica e do grande período de estacionamento da Frente Polar entre os dias 8 e 14, este mês apresentou baixíssimo número de ocorrências registradas pela Defesa Civil, ao contrário do mês de dezembro de 1996. Tais fatos merecem uma perspectiva de análise cuidadosa, visto que a primavera de 1996 revelou meses de setembro, outubro e novembro bem mais chuvosos do que os respectivos meses referentes à primavera de 1999, cujo volume de precipitação foi visivelmente inferior, não bastassem as seqüências pluviais terem sido também diferentes entre si.

Janeiro/2000

Janeiro/2000 iniciou-se com a entrada de uma Frente Polar Atlântica na tarde do dia 1º, dando continuidade e intensificando as chuvas dos últimos dias do mês anterior. O dia 2 apresentou o pico de precipitação dessa incursão frontal, com um total de 43,2 mm., embora nos dias 3 e 4 a pluviosidade tenha apresentado queda gradual, mesmo com o rápido estacionamento e recuo da Frente Polar nesses dias. Nenhuma ocorrência foi registrada pela Defesa Civil de Juiz de Fora.

A partir do dia 4, depois do recuo continental da Frente Polar, a atmosfera regional foi dominada pela Massa Tropical Atlântica, caracterizada pela subida repentina das temperaturas máximas e pelos constantes ventos do quadrante Norte. Juiz de Fora permaneceria sob essas condições atmosféricas até o início do dia 15, período no qual a precipitação foi ausente, apesar de manifestações eventuais de linhas de instabilidade no interior da Massa Tropical.

Ainda no final do dia 15 de janeiro, ocorreu a entrada de nova Frente Polar Atlântica, com atuação por todo o dia 16, estacionamento no dia 17, início de dissipação no dia 18 e posterior reativação nos dias 19 e 20. Este período de seis dias sob atuação do eixo principal da Frente Polar deu origem a uma curta seqüência pluvial, com início de 24,8 mm. no dia 15, pico de 49,2 mm. no dia 16 e finalização de 8,4 mm. no dia 20. Este conjunto de eventos pluviais possibilitou a verificação de uma ocorrência de ameaça de deslizamento no dia 19, porém sem a confirmação de acidentes.

Na tarde do dia 20, a Massa Polar Atlântica passou a dominar as condições do tempo, assim permanecendo até a manhã do dia 22. Ocorreu então a definição de uma Frente Polar Atlântica com setor quente de retorno no continente, tipo de tempo que permaneceu sobre Juiz de Fora na manhã do dia 23 e responsável por 70,6 mm. de chuva acumulada em 24 horas.

Nova incursão frontal foi verificada nos dias 26 e 27, dando origem a outra seqüência de dias chuvosos, com pico de 58 mm. no dia 27 e extensão até o dia 30, mesmo após a entrada da Massa Polar no dia 29. O último dia de janeiro foi caracterizado finalmente pela atuação da Massa Tropical Atlântica com Linhas de Instabilidade, porém sem a ocorrência de chuvas.

Os dez dias finais do mês de janeiro não apresentaram qualquer ocorrência para registro no Departamento de Defesa Civil, mesmo com o período

significativo de pluviosidade e a ocorrência de pelo menos dois dias com valores diários de precipitação bastante elevados.

O mês de janeiro apresentou grande participação da Massa Tropical, o que possibilitou o registro de temperaturas ligeiramente mais altas que as dos meses anteriores, além de um período de vários dias sem chuva em pleno verão. Foram verificados 10,5 dias sob atuação do eixo principal da Frente Polar - esta tradicionalmente respondeu pela maior parte das precipitações do mês. Outra pequena parcela das chuvas ocorreu sob a atuação do eixo reflexo da Frente Polar e do surgimento de linhas de instabilidade no interior da Massa Tropical Atlântica.

Fevereiro/2000

A Massa Tropical Atlântica com Linhas de Instabilidade, que já vinha atuando no último dia do mês de janeiro, permaneceu ativa até o dia 2 de fevereiro, inclusive dando continuação às manifestações pluviais. Somente sob a atuação da Massa Polar Velha, iniciada na segunda metade do dia 2 e estendendo-se até o dia 4, verificou-se o final do período chuvoso.

Já no dia 5, foi observada a entrada da Frente Polar Atlântica, transformando-se em Frente Polar Estacionária entre os dias 6 e 8, e apresentando manifestação do eixo reflexo no dia 10. Essa incursão frontal promoveu um novo período com chuvas em Juiz de Fora, entre os dias 6 e 10 de fevereiro, embora somente no dia 8 tenha sido ultrapassada a barreira dos 20 mm. diários. Apesar da pluviosidade incipiente, registrou-se um deslizamento no dia 6, ainda no início da seqüência pluvial.

A Frente Polar com Setor Quente de Retorno cedeu lugar à Massa Tropical Atlântica no dia 11, sendo que esta última permaneceu ativa até o dia 16, produzindo características de bom tempo, mesmo sob condições eventuais de linhas de instabilidade. Este período de 6 dias mostrou-se eminentemente seco, sem que houvesse registro de qualquer manifestação pluvial em Juiz de Fora.

Nova Frente Polar deu entrada no dia 17, porém produzindo uma incipiente seqüência de 4 dias chuvosos, cujos valores foram extremamente baixos. Mesmo sob condições de ausência de valores acumulados de precipitação nos dias imediatamente anteriores e sendo fracas as chuvas dessa seqüência, uma vez mais

foi observado um registro de ameaça de deslizamento no dia 21 (dia subsequente ao término do curto período chuvoso).

Após a atuação da Massa Polar Atlântica (dias 18, 19 e 20) houve um rápido processo de tropicalização (dia 21) e sua posterior substituição pela Massa Tropical Atlântica (dias 22, 23 e 24). O dia 25 foi marcado pela entrada de uma nova Frente Polar Atlântica que produziu chuvas pouco significativas até o dia subsequente. Os três últimos dias do mês foram dominados pela Massa Polar Velha, já sem qualquer contribuição pluvial.

Neste mês de fevereiro, foi verificada forte participação dos sistemas tropicais, sobretudo com surgimentos de linhas de instabilidade. Foram observados, no total, 7,5 dias sob atuação do eixo principal da Frente Polar, porém com um período longo de estacionamento entre os dias 6 e 9. Dessa forma, a gênese pluvial esteve vinculada especialmente à Frente Polar Estacionária, responsável por 47,7% das chuvas do mês.

Março/2000

O mês de março/2000 foi o último analisado no período de primavera – verão 1999/2000, sendo também o único dessas estações com número significativo de deslizamentos na área de estudo.

O mês de março começou sob a influência da Massa Polar Velha, já configurada sobre a região nos últimos dias do mês anterior, estendendo o período de ausência de chuvas mesmo após a sua total tropicalização. Somente a rápida passagem frontal do dia 7 trouxe de volta as precipitações pluviais, que se estenderam até o dia 12, sob condições de recuo no continente e reativação da Frente Polar Atlântica. Entretanto, nenhum registro de acidente foi realizado pela Defesa Civil no referido período.

Uma nova incursão frontal só seria verificada no dia 16, após o domínio da Massa Polar Atlântica e de seu posterior envelhecimento. A Frente Polar Atlântica manifestou-se de forma ativa nos dias 16 e 17, apresentando início de dissipação no dia 18 e posteriormente configuração de um eixo continental de retorno no dia 19. Essa frente fria permaneceu estacionária sobre Juiz de Fora ao longo de todo o dia 20, dissipando-se por completo no dia 21. Durante o processo de definição do seu eixo quente de retorno, ocorrido exatamente no dia 19, verificou-se o aguaceiro de

73,2 mm., que culminou com o registro de 5 ameaças de deslizamentos entre os dias 19 e 20 e de 11 deslizamentos entre os dias 19 e 21. Mesmo sem grandes valores de precipitação acumulada nos dias anteriores, o forte evento pluvial do dia 19 de março provocou uma série de transtornos aos moradores das encostas da área de estudo. Este fato deveu-se provavelmente à grande concentração do evento chuvoso que, conforme relatos dos moradores locais, se restringiu a reduzido intervalo de tempo.

Após a dissipação desse vigoroso sistema frontal (dia 21) entrou em ação novamente a Massa Tropical Atlântica, que atuou até o início do dia 29, produzindo precipitação (embora incipiente) somente no dia 26, sob configurações de linhas de instabilidade. A segunda metade do dia 29 foi marcada pela rápida passagem de uma nova Frente Polar, que se dissipou totalmente ainda no dia 30. Finalmente, verificou-se a atuação da Massa Tropical Atlântica no dia 31, fechando, dessa maneira, o período de análise dos dados climáticos diários e de suas relações com as ocorrências de acidentes nas encostas da Região Noroeste da cidade de Juiz de Fora.

No mês de março/2000, ocorreu participação equilibrada dos sistemas tropicais, polares e frontais, com índices percentuais bastante próximos e ligeiro destaque para a Massa Tropical Atlântica, com 25.8% de participação. Foram verificados 7,5 dias sob atuação do eixo principal da Frente Polar Atlântica. No entanto, foi a definição do setor quente de retorno sobre o continente, que respondeu por mais de metade da precipitação mensal (50,8%). Cabe ressaltar aqui que boa parte desse resultado deveu-se ao evento pluvial do dia 19, com mais de 70 mm. em 24 horas.

4.8 Balanço Comparativo dos Índices Gerais de Participação dos Sistemas Atmosféricos e da Gênese Pluvial nos Períodos de Primavera – Verão de 1996/1997 e de 1999/2000

Com base nos gráficos de análise rítmica dos períodos de primavera – verão 1996/1997 e 1999/2000, pode-se verificar que as ocorrências registradas pela Defesa Civil de Juiz de Fora (Ameaça de deslizamento e Deslizamento de barranco) vinculam-se sempre às atividade frontais na região, em especial às passagens do eixo principal da Frente Polar Atlântica e à Frente Polar Estacionária. Eventualmente, são observadas algumas ocorrências decorrentes da atuação do eixo reflexo da Frente Polar, por intermédio de setores quentes de retorno sobre o continente.

Os valores de precipitação acumulada exercem importante papel na preparação dos solos para a deflagração de escorregamentos na área de estudo. A exemplo de outros trabalhos realizados da região da Serra do Mar e no município de Petrópolis (TATIZANA et all, 1987, 1993), os escorregamentos em Juiz de Fora apresentam maior correlação com os valores de precipitação acumulados entre 3 e 4 dias anteriores às ocorrências.

De maneira geral, os períodos com passagens frontais consecutivas e de longa duração, separadas por intervalos de poucos dias, apresentam grande número de acidentes, mesmo quando os acumulados de precipitação são de poucos milímetros. Esse ritmo de atuação dos sistemas atmosféricos, marcado por várias passagens frontais e vários momentos em que as frentes estacionam sobre o sudeste de Minas Gerais, parece ocorrer com maior freqüência entre os meses de novembro e março. Tal fato deve-se ao fortalecimento nesse período do Anticiclone Tropical Atlântico, que passa a barrar com maior eficiência as incursões da Frente Polar até as menores latitudes. Dessa forma, a área de estudo torna-se local privilegiado para a atuação de frentes estacionárias, sobretudo no período do verão.

Nos meses de setembro e outubro, observa-se que o maior vigor do Anticiclone Polar ainda produz incursões mais rápidas da Frente Polar Atlântica, sempre ligadas por invasões, às vezes duradouras, da Massa Polar Atlântica. Dessa maneira, são produzidas seqüências pluviais mais curtas, além de eventos pluviais de menor concentração, mantendo algumas características do período de inverno.

Quanto à participação dos sistemas atmosféricos, as principais diferenças entre os dois períodos de primavera – verão analisados podem ser visualizadas por intermédio das Figuras 77 e 78.

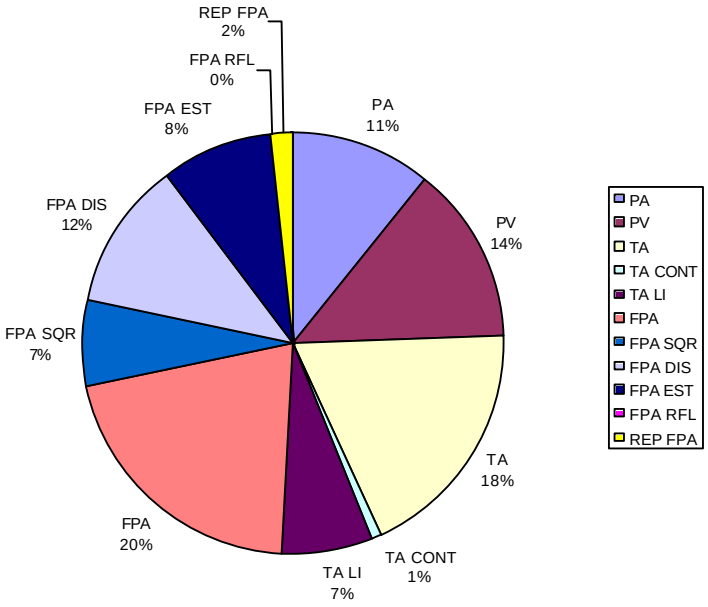


Figura 77 – Participação dos Sistemas Atmosféricos (%) Primavera – Verão 1996/1997

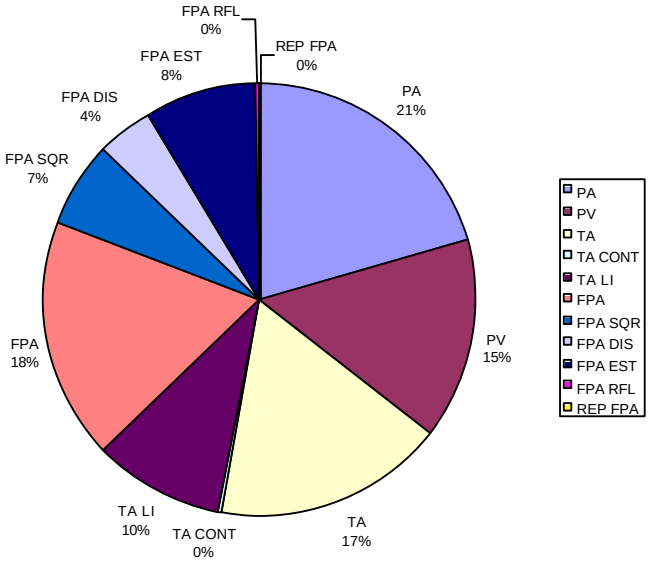


Figura 78 – Participação dos Sistemas Atmosféricos (%) Primavera – Verão 1999/2000

O único sistema atmosférico que apresentou grande alteração no percentual de participação foi a Massa Polar Atlântica. Enquanto a primavera – verão de 1996/1997 contou com 11% de participação desse sistema atmosférico, o mesmo período em 1999/2000 registrou um total de 21% de sua participação. A Massa Tropical Atlântica com Linhas de Instabilidade apresentou ligeiro aumento na participação do primeiro para o segundo período analisado. De 7% de participação registrada na primavera – verão 1996/1997 passou para 10% de participação no mesmo período de 1999/2000. Finalmente, o sistema Frente Polar Atlântica em Dissipação apresentou, por sua vez, queda do percentual de participação da primavera – verão 1996/1997 para a primavera – verão 1999/2000, sendo que de 12% de participação no primeiro período caiu para apenas 4% no segundo. Os demais sistemas atmosféricos não demonstraram modificações significativas em seus respectivos percentuais de participação nos dois momentos de análise.

No que diz respeito à gênese pluvial, as principais diferenças podem ser visualizadas por intermédio das Figuras 79 e 80.

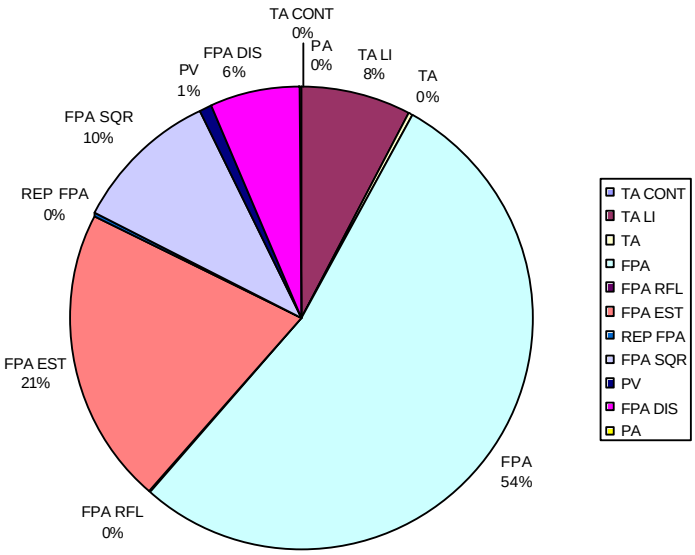


Figura 79 – Gênese Pluvial (%) Primavera – Verão 1996/1997

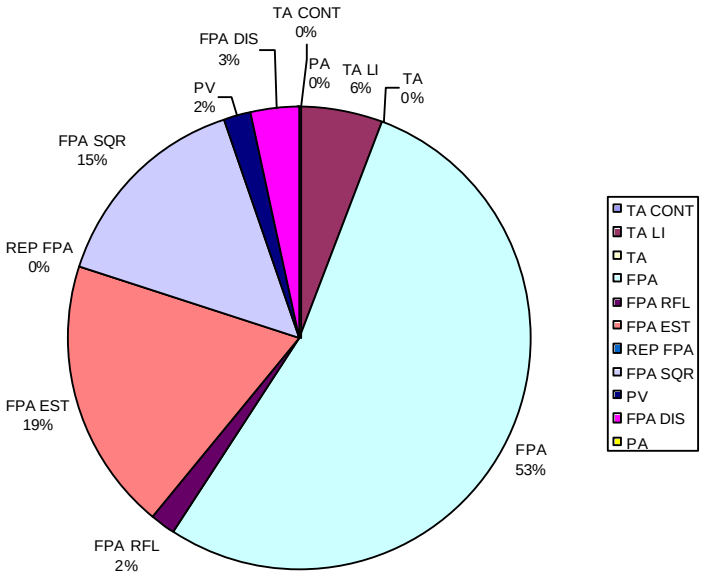


Figura 80 – Gênese Pluvial (%) Primavera – Verão 1999/2000

A Frente Polar Atlântica respondeu, nos dois períodos analisados, pela maior parte da precipitação pluvial, seguida pelo sistema Frente Polar Estacionária. Ambos os sistemas apresentaram variação pouco significativa quanto à gênese pluvial entre os períodos de primavera – verão de 1996/1997 e de 1999/2000. Já o sistema Frente Polar Atlântica com Setor Quente de Retorno, que em 1996/1997 havia respondido por cerca de 10% do total de precipitação, passou a produzir 15% das chuvas em 1999/2000, inclusive implicando em número considerável de acidentes, como os ocorridos em 19 de março de 2000. Durante a primavera – verão de 1999/2000, houve um maior bloqueio por parte dos sistemas intertropicais aos avanços frontais e polares, isto é, aos sistemas extratropicais, provenientes do Sul do país.

Na primavera – verão 1996/1997, foram registrados 86,5 dias sob atuação do eixo principal da Frente Polar e 17,5 dias sob atuação do seu eixo reflexo. Já no mesmo período de 1999/2000, foram observados 65 dias sob atuação do eixo principal da Frente Polar e 14,5 dias sob atuação do seu eixo reflexo. O menor número de manifestações da Frente Polar na primavera – verão de 1999/2000 representou uma sensível queda no total de precipitação do período. Enquanto em 1996/1997 foi registrado um total de 1384,5 mm. de chuva, entre os meses de setembro e março, o mesmo período de 1999/2000 apresentou um total de apenas 1173,2 mm.

Quando os sistemas atmosféricos são agrupados sob a forma de sistemas instabilizadores ou produtores de chuvas, isto é, sistemas frontais (FPA, EST, DIS, REP, FPR e QTE) e linhas de instabilidade (LI) e de sistemas estabilizadores ou produtores de bom tempo (PA, PV e TA), verifica-se também uma sensível diferença entre os períodos de primavera – verão analisados. Enquanto a primavera – verão de 1996/1997 apresentou um balanço de 56% de atuação dos sistemas instabilizadores contra 44% de sistemas estabilizadores, a primavera – verão de 1999/2000 registrou 47% de atuação de sistemas instabilizadores contra 53% de sistemas estabilizadores. Esses valores justificam também a queda no total de precipitação de um período analisado para o outro.

Entre os eventos pluviais com valores superiores a 40 mm. diários[4] também foi observada uma pequena queda. A primavera – verão 1996/1997 apresentou um total de 9 eventos pluviais com mais de 40 mm. diários, enquanto no mesmo período de 1999/2000 foram registrados apenas 7 eventos desse porte. Em ambos momentos de análise, praticamente todos os eventos com mais de 40 mm. diários vincularam-se à atuação dos sistemas frontais, seja pela passagem do eixo principal da Frente Polar ou pela definição do seu eixo reflexo.

As diferenças entre os resultados pluviais dos períodos de primavera - verão de 1996/1997 e de 1999/2000 também podem se explicar pelo ritmo de sucessão dos estados atmosféricos. Aqueles conjuntos de dias ou semanas que apresentam maior alternância dos sistemas atmosféricos - sobretudo com o avanço, estacionamento e recuo dos sistemas frontais - tendem a produzir chuvas mais vigorosas. Por outro lado, aqueles conjuntos de dias ou semanas que apresentam pouca alternância entre os sistemas atmosféricos, juntamente com o domínio prolongado de sistemas estabilizadores, tendem a gerar baixos valores pluviométricos ou mesmo a ausência de chuvas. Quando comparados, os meses de setembro de 1996 e de 1999 demonstram exatamente esse tipo de diferença básica. Setembro de 1996 apresentou uma grande alternância dos sistemas atmosféricos, com tipos de tempo de curta duração e rápidas incursões de sistemas estabilizadores. Essas características conferiram um total de 137,2 mm. de precipitação a este mês. Por sua vez, o mês de setembro de 1999 registrou menor alternância entre os tipos de tempo, com domínios duradouros de sistemas

[4] O valor de 40 mm./dia foi tomado como referência devido ao fato de representar, para os padrões de Juiz de Fora, um índice elevado de precipitação, indicando um dia bastante chuvoso.

estabilizadores, especialmente da Massa Tropical Atlântica (no início do mês) e da Massa Polar Atlântica (na segunda quinzena). Dessa forma, este ritmo de sucessão dos sistemas atmosféricos conferiu um total de apenas 34,8 mm. de precipitação ao mês de setembro de 1999.

Outros exemplos são os meses de dezembro de 1996 e de março de 2000. Ambos apresentaram vigorosas seqüências pluviais produtoras de escorregamentos na Região Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora, fato possivelmente explicado pela grande alternância de sistemas atmosféricos em curtos espaços de tempo. Já os meses de março de 1997 e de outubro de 1999 constituem períodos de pequena alternância dos tipos de tempo e de domínios prolongados dos sistemas estabilizadores, apresentando, portanto, baixo número de acidentes registrados.

Quando tomada em sua totalidade, a primavera – verão de 1996/1997 apresentou uma maior alternância diária dos diferentes tipos de tempo, característica que, somada ao maior percentual de sistemas instabilizadores, foi responsável pelo grande número de ocorrências registrado pela Defesa Civil. Por outro lado, ao longo de toda a primavera – verão de 1999/2000, os sistemas atmosféricos alternaram-se um pouco menos sobre Juiz de Fora, com domínios prolongados dos anticiclones polares e tropicais (sistemas estabilizadores). Dessa maneira, a primavera – verão de 1996/1997 apresentou um total de 20 registros de ameaças de deslizamentos e de 58 registros de deslizamentos nas encostas da área de estudo, enquanto na primavera – verão de 1999/2000 foram registradas apenas 11 ocorrências de ameaças de deslizamentos e 15 deslizamentos propriamente ditos. Os diferentes ritmos de atuação dos sistemas atmosféricos são, pois, determinantes na variação do número de acidentes nas encostas da Região Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora, o que leva a pensar na tipologia dos fluxos polares proposta por MONTEIRO (1969) e ampliada por TARIFA (1975).

Se por um lado pode ser observado que o número de acidentes varia com o ritmo climático, por outro verifica-se que a ocupação de encostas íngremes vem se intensificando nos últimos anos, tanto na forma de ocupações irregulares e espontâneas como através de assentamentos incentivados e gerenciados pelo próprio Estado. De fato, a falta de terrenos adequados à ocupação humana tem sido um problema enfrentado pelo município, que se insere em uma região de relevo bastante movimentado. Assim, a supervalorização dos lotes urbanos torna-se um

empecilho à sua aquisição pelas classes populares e, mesmo algumas ocupações promovidas pela Prefeitura, na tentativa de amenizar o déficit de moradia, localizam-se em áreas de relativo risco.

Com o aumento das ocupações de risco, a iminência de grandes acidentes torna-se fato merecedor de extrema atenção, já que o limite de segurança das encostas pode ser ultrapassado em função da seqüência e da alternância dos diferentes tipos de tempo atuantes sobre a região. As medidas preventivas, principalmente aquelas de caráter estrutural (muros, canaletas, obras de contenção) em conjunto com as estatísticas favoráveis e os longos períodos sem acidentes (sob ritmo climático favorável), são responsáveis pelo aumento da confiança por parte da população. Essa confiança, muitas vezes exagerada, é capaz de intensificar ainda mais o processo de ocupação das encostas, ao passo que um número cada vez maior de pessoas é exposto aos riscos de acidentes. Fortes aguaceiros podem tornar-se, logo, deflagradores de grandes catástrofes.

V - Considerações Finais

A ocupação de encostas em Juiz de Fora, em especial na Região Noroeste de sua Área Urbana, tem chamado a atenção de toda a comunidade local já há algum tempo. Juntamente com essa expansão desordenada da malha urbana, são divulgados, a cada primavera – verão, novos casos de escorregamentos envolvendo vidas humanas. Dessa forma, uma vez espectadora de tais acontecimentos, a comunidade científica não deve se calar, procurando contribuir para a inversão desse quadro.

Os escorregamentos nas encostas, muito mais do que meros fenômenos de ordem físico-natural, envolvem outros importantes aspectos, como a exclusão e a segregação sócio-espacial. Cada ciência deve, a seu modo, investigar e procurar soluções para o problema, cumprindo, portanto, sua função social. Nesse contexto, cabe à Climatologia contribuir de maneira positiva para o reconhecimento da dinâmica climática e pluvial e das suas relações com os escorregamentos, auxiliando no controle e na prevenção de acidentes.

Longe de esgotar as abordagens acerca da temática chuvas - escorregamentos, o presente trabalho foi elaborado com o objetivo central de subsidiar a adoção de medidas concretas para a prevenção de acidentes nas encostas da Região Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora, além de fornecer bases metodológicas para outros trabalhos mais detalhados, mesmo em outras localidades brasileiras.

A dinâmica climática em Juiz de Fora mostrou-se extremamente vinculada aos fluxos de origem polar, observados principalmente em decorrência da grande atuação de sistemas frontais e de sua alta capacidade de gerar chuvas sobre a cidade. Por sua vez, o ritmo de sucessão dos estados atmosféricos apresentou forte relação com a variação do número de acidentes nas encostas.

Algumas características adicionais dessa causalidade poderiam ter sido desvendadas por intermédio da aplicação de outras técnicas, ou mesmo, pela adoção de abordagens diferentes. O presente trabalho limitou-se ao reconhecimento da distribuição temporal da precipitação em escala local, com base nos dados de um único posto pluviométrico. Uma abordagem espacial mais detalhada, que procurasse demonstrar a distribuição geográfica das chuvas e dos acidentes registrados no interior da área de estudo, poderia auxiliar bastante no reconhecimento dos

diferentes níveis de suscetibilidade aos escorregamentos. A configuração dos dados fornecidos pela Defesa Civil impossibilitou a espacialização dos resultados, porquanto não foram apresentadas as coordenadas (localização precisa) dos locais atendidos. Nessa tarefa, o emprego dos sistemas de informação geográfica poderia contribuir para a análise espacial dos fenômenos investigados, por meio do cruzamento de planos de informação e de abordagem multicriterial.

Outro aspecto que merece comentário diz respeito à classificação empregada pela Defesa Civil para os fenômenos registrados no boletim de ocorrência. Os diferentes tipos de escorregamentos estão englobados no item "Deslizamento de barranco", sem qualquer subdivisão ou mesmo identificação das características da superfície de escorregamento ou do material movimentado. Essas informações poderiam contribuir para resultados mais precisos em nossa análise, apontando correlações entre a dinâmica pluvial e os subtipos de escorregamentos.

Por fim, cabe mencionar que as chuvas foram trabalhadas em escala de 24 horas, mostrando sua variação diária. O reconhecimento da concentração da precipitação, por meio de sua distribuição horária, em correlação com os diferentes sistemas atmosféricos, poderia ter fornecido valiosas informações a respeito da ocorrência de escorregamentos. É sabido que os diferentes tipos de movimentos de massa apresentam fortes relações com a maior ou menor concentração dos eventos chuvosos, ou seja, sofrem influência distinta tanto das chuvas acumuladas em períodos de vários dias, como dos aguaceiros de poucas horas ou mesmo minutos. Estes comentários apontam para a possibilidade de outras pesquisas, visto que demonstram novas formas de aprofundamento do tema aqui tratado.

Em virtude da crescente gravidade observada nos escorregamentos em Juiz de Fora, todos os tipos de contribuição são extremamente pertinentes e podem possibilitar, no futuro, maior segurança para milhares de vidas. Enquanto isso, o presente desvenda uma série de desafios aos pesquisadores, à comunidade local e ao poder público. A esperança, todavia, deve prevalecer na busca por soluções para os problemas urbanos e pela melhoria da qualidade de vida das populações carentes das cidades. É com extremo pesar que, ao finalizar este texto, em janeiro de 2003, recebemos a notícia de três mortes em Juiz de Fora, em função da ocorrência de mais um escorregamento. Dever de todos é lutar a fim de que notícias como esta sejam banidas de nossos jornais e dos noticiários de TV.

VI - Referências Bibliográficas

AGUIAR, V. T. B. de **Atlas Geográfico Escolar de Juiz de Fora**. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2000.

ALMEIDA, J. R. et all. **Planejamento Ambiental**: caminho para participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum: uma necessidade, um desafio. Rio de Janeiro: Thex, 1999.

ANTONIUTTI NETO, L. et all. Plano de Ação para o Tratamento de Problemas de Instabilidade de Encostas na Área Urbana do Município de Nova Friburgo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA., 7,1993, Poços de Caldas. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1993.

AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J. C. Estabilidade de Taludes. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (org.) **Geologia de Engenharia.** São Paulo: ABGE, 1998.

BARBIÉRE, E. B. Ritmo Climático e Extração de Sal em Cabo Frio. **Revista Brasileira de Geografia,** Rio de Janeiro, 4, 1975.

BARRIOS, N. A. Z. **A Cotonicultura na Região de Presidente Prudente:** o regime pluviométrico e as variações de produção. 1987. Dissertação (Mestrado) FFLCH / USP, São Paulo.

BARTORELLI, A.; HARALYI, N. Geologia do Brasil. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (org.) **Geologia de Engenharia.** São Paulo: ABGE, 1998.

BERRY, J. K. **Beyond Mapping –** concepts, algorithms and issues in GIS. Fort Collins: GIS World Books, 1993.

BOIN, M. N. **Chuvas e Erosões no Oeste Paulista –** uma análise climatológica aplicada. 2000. Tese (Doutorado em Geociências) IGCE/UNESP, Rio Claro.

BRAND, E. W. Slope Instability in Tropical Areas. In: BELL, D. H. (org.) **Landslides – Glissements de Terrain.** Vol. 3. Rotterdam: A. A. Balkema, 1995.

BRUNSDEN, D. Mass Movements. In: EMBLETON, C.; THORNES, J. **Process in Geomorphology.** London: Edward Arnold, 1979.

CARVALHO FILHO, L. M. & XAVIER-DA-SILVA, J. Sistemas de Informação Geográfica – uma proposta metodológica. In: CONFERÊNCIA LATINO – AMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, 1, 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1993.

CASTELLANI, R. Avaliação por Geoprocessamento, de Riscos Ambientais em uma Área Piloto nos Limites do Campus da UFJF, Juiz de Fora, MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2001, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2001.

CASTELLO, R. R.; POLIDO, U. F. **As Encostas Urbanas.** Vitória: UFES, 1986.

CERRI, L. E. S. **Riscos Geológicos Associados a Escorregamentos – uma proposta para prevenção de acidentes.** 1993. Tese (Doutorado em Geociências) IGCE/UNESP, Rio Claro.

----------. **Riscos Geológicos.** Rio Claro: IGCE/UNESP, 2001. (Notas de Aula).

CERRI, L. E. S.; AMARAL, C. P. Riscos Geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (org.) **Geologia de Engenharia.** São Paulo: ABGE, 1998.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1999.

CONTI, J. B. **Circulação Secundária e Efeito Orográfico na Gênese das Chuvas na Região Lesnordeste Paulista**. São Paulo: IG/USP, 1975. (Série Teses e Monografias, 18)

CORRÊA, R. L. **O Espaço Urbano**. São Paulo: Ática, 1989.

CRUZ, O. **A Serra do Mar e o Litoral na Área de Caraguatatuba –** contribuição à Geomorfologia Litorânea Tropical. 1974. Tese (Doutorado em Geografia Física) FFLCH/USP, São Paulo.

ELBACHÁ, A. T. et all. Tentativa de Correlação entre Precipitação e Deslizamentos na Cidade de Salvador. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 1, 1992, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABMS / ABGE/ PCRJ, 1992.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de Massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (org.) **Geomorfologia e Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

FLORES, E. F. **Sistema de Informação Climatológica:** desenvolvimento e inserção no sistema de informação geográfica "Geo – Inf = Map". 1995. Dissertação (Mestrado em Geociências) IGCE/UNESP, Rio Claro.

GONÇALVES, N. M. S. **Impactos Pluviais e Desorganização do Espaço Urbano em Salvador / BA.** 1992. Tese (Doutorado em Geografia) FFLCH/USP, São Paulo.

GUIDICINI, G.; IWASA, O. Y. **Ensaio de Correlação entre Pluviosidade e Escorregamentos em Meio Tropical Úmido.** São Paulo: IPT, 1976.

IBGE. **Folha Rio de Janeiro – Vitória**. Escala 1:1.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 1972.

MACHADO, P. J. de O. **O Processo de Ocupação do Município de Juiz de Fora**. Juiz de Fora: ICHL / UFJF, 1999. (Notas de Aula).

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Projeto RadamBrasil –** levantamento dos recursos naturais, Vol. 32. Rio de Janeiro: Cia. Editora Gráfica Barbero, 1983.

MONTEIRO, C. A. F. Da Necessidade de um Caráter Genético à Classificação Climática – algumas considerações metodológicas a propósito do estudo do Brasil Meridional. **Revista Geográfica**, 57, Instituto Pan – Americano de Geografia e História,1962.

---------- . O Clima da Região Sul. In: IBGE. **Geografia Regional do Brasil** – Região Sul, 1. Rio de Janeiro, 1963a.

---------- . Sobre a Análise Geográfica de Seqüências de Cartas do Tempo – Pequeno ensaio metodológico sobre o estudo do clima no escopo da Geografia. **Revista Geográfica**, 58, Instituto Pan – Americano de Geografia e História,1963b.

---------- . Sobre um Índice de Participação das Massas de Ar e suas Possibilidades de Aplicação à Classificação Climática. **Revista Geográfica**, 61, Instituto Pan – Americano de Geografia e História,1964.

---------- . **A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil.** São Paulo: IG/USP, 1969 (Série Teses e Monografias).

---------- . **Análise Rítmica em Climatologia:** problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: IG/USP, 1971 (Série Climatologia, nº 1).

---------- . **A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo** – estudo geográfico sob a forma de atlas. São Paulo: IG/USP, 1973.

---------- . **Teoria e Clima Urbano.** São Paulo: IG/USP, 1976 (Série Teses e Monografias).

---------- . **Clima e Excepcionalismo** – conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: UFSC, 1991.

---------- . O Estudo Geográfico do Clima. **Cadernos Geográficos**, 01, Departamento de Geociências / CFH / UFSC, Florianópolis, 1999.

MOREIRA, A. A. N.; CAMELIER, C. Relevo. In: IBGE. **Geografia do Brasil –** Região Sudeste. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora:** diagnóstico. Juiz de Fora: Concorde, 1996.

RADESCA, M. de L. P. de S. A Hidrografia. In: AZEVEDO, A. de. **Brasil –** a terra e o homem. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 1968.

RIBEIRO, A. G. **O Consumo de Água em Bauru, SP** – o tempo cronológico e o tempo meteorológico na elaboração de subsídios à previsão de demanda de água. 1975. Dissertação (Mestrado em Geografia) FFLCH/USP, São Paulo.

RODRIGUES, A. M. **Moradia nas Cidades Brasileiras**. São Paulo: Contexto, 1994. (Coleção Repensando a Geografia)

SANT'ANA NETO, J. L. **Ritmo Climático e a Gênese das Chuvas na Zona Costeira Paulista.** São Paulo: FFLCH / USP, 1990.

SARTORI, M. G. B. **O Clima de Santa Maria, RS** – do regional ao urbano. 1979. Dissertação (Mestrado em Geografia) FFLCH/USP, São Paulo.

SORRE, M. Adaptação ao Meio Climático e Biossocial : geografia psicológica (1951). In: MEGALE, J. F. (org.) **Max Sorre:** geografia. São Paulo: Ática, 1984 (Série Grandes Cientistas Sociais).

SOUZA, L. B. et all. **A Expansão Urbana e os Impactos Ambientais na Região Noroeste do Município de Juiz de Fora.** Juiz de Fora: ICHL/UFJF, 1998. (Trabalho de Iniciação Científica PIBIC/CNPq).

TARIFA, J. R. **Fluxos Polares e as Chuvas de Primavera – Verão no Estado de São Paulo** – uma análise quantitativa do processo genético. 1975. Tese (Doutorado) IG/USP, São Paulo.

TATIZANA, C. et all. Análise de Correlação entre Chuvas e Escorregamentos – Serra do Mar, Município de Cubatão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA., 5, 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1987.

TATIZANA, C. et all. Análise de Correlação entre Chuvas e Escorregamentos no Município de Petrópolis, RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 7, 1993, Poços de Caldas. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1993.

TAVARES, A. C. **O Clima Local de Campinas**: introdução ao estudo de clima urbano. 1972. Dissertação (Mestrado em Geografia) FFLCH/USP, São Paulo.

TITARELLI, A. H. V. **A Onda de Frio de Abril de 1971 e a sua Repercussão no Espaço Geográfico Brasileiro**. São Paulo: IG / USP, 1972. (Série Climatologia, 4).

TOLEDO, G. S. **Tipos de Tempo e Categorias Climáticas na Bacia do Alto Tietê**: ensaio metodológico. 1973. Tese (Doutorado) FFCL, Presidente Prudente.

WOLLE, C. M. **Análise dos Escorregamentos Translacionais numa Região da Serra do Mar no Contexto de uma Classificação de Mecanismos de Instabilização de Encostas**. 1988. Tese (Doutorado em Engenharia) Escola Politécnica/USP, São Paulo.1988.

XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento e Análise Ambiental**. Seropédica: UFRRJ, 1998. (Notas de Aula)

ZAVATINI, J. A. A Dinâmica Atmosférica e a Distribuição das Chuvas no Mato Grosso do Sul. 1990. Tese (Doutorado em Geografia) FFLCH / USP, São Paulo.

---------- . A Climatologia Brasileira, o Enfoque Dinâmico e a Noção de Ritmo Climático – desenvolvimento, progressos e perspectivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2, 1996, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente: UNESP, 1996.

VII - Bibliografia

AZEVEDO, A. de. **Brasil –** a terra e o homem. Rio de Janeiro: Cia. Editora Nacional, 1968.

CÂMARA, G. et all. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica.** Campinas: Ed. Unicamp, 1996.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Modelagem de Dados em Geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (org.) **Sistemas de Informações Geográficas.** Brasília: Embrapa, 1998.

DUNNICLIFF, J. Monitoring and Instrumentation of Landslides. In: BELL, D. H. (org.) **Landslides – Glissements de Terrain.** Vol. 3. Rotterdam: A. A. Balkema, 1995.

FERREIRA, M. C. Mapeamento de Unidades de Paisagem em Sistemas de Informação Geográfica. **Revista Geografia,** 22, Rio Claro, 1997.

FERREIRA, M. C. **Análise e Modelagem de Dados Espaciais em SIG's.** Rio Claro: IGCE/UNESP, 2000. (Notas de Aula)

FREITAS, C. G. L. de. **Cartografia Geotécnica de Planejamento e Gestão Territorial –** proposta teórica e metodológica. 2000. Tese (Doutorado em Geografia) FFLCH/USP, São Paulo.

FURLANI, G. M. **Estudo Geomorfológico das Boçorocas de Casa Branca.** 1980. Dissertação (Mestrado em Geografia) FFLCH/USP, São Paulo.

GERARDI, L. H. de O. & SILVA, B. C. N. **Quantificação em Geografia.** São Paulo: DIFEL, 1981.

GRILO, R. C. **A Precipitação Pluvial e o Escoamento Superficial na Cidade de Rio Claro.** 1992. Dissertação (Mestrado em Geografia) IGCE / UNESP, Rio Claro.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (org.) **Geomorfologia:** uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

HUTCHINSON, J. N. Lanslides Hazard Assessment. In: : BELL, D. H. (org.) **Landslides - Glissements de Terrain.** Vol. 3. Rotterdam: A. A. Balkema, 1995.

IBGE. **Geografia do Brasil –** Região Sudeste. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

LANDIM, P. M. B. **Introdução à Geoestatística.** Rio Claro: IGCE / UNESP, 1988.

----------. **Introdução aos Métodos de Estimação Espacial para Confecção de Mapas.** Rio Claro: IGCE/UNESP, 2000. (Texto Didático).

MARTINS, L. A. **A Temperatura do Ar em Juiz de Fora - MG** - influências do sítio e da estrutura urbana. 1996. Dissertação (Mestrado em Geografia) IGCE/UNESP, Rio Claro.

OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de.(org.) **Geologia de Engenharia.** São Paulo: ABGE, 1998.

PINHEIRO, D. J. F. **Evolução das Encostas nas Regiões Tropicais Úmidas.** Salvador: UFBA, 1971.

TATIZANA, C. Modelamento Numérico da Análise de Correlação entre Chuvas e Escorregamentos Aplicado às Encostas da Serra do Mar no Município de Cubatão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5, 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1987.

TAVARES, A. C. Critérios de Escolha de Anos Padrões para Análise Rítmica. **Boletim de Geografia Teorética,** Rio Claro, 1976.

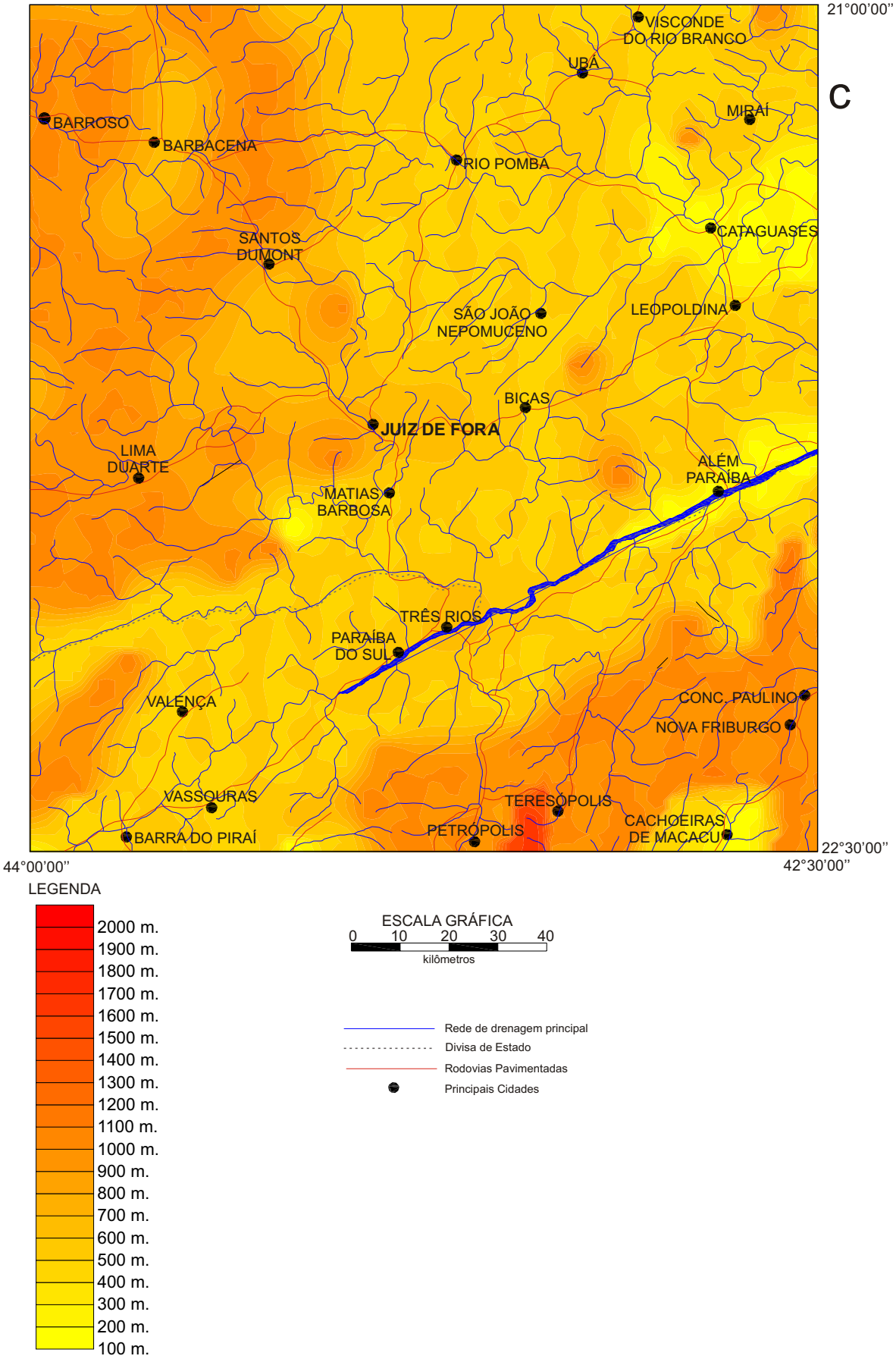
VAN DER SCHANS, R. The WDGM Model, a formal systems view on GIS. In: **International Journal of Geographic Information Systems.** Vol 4. nº 3, 1990.

ZAVATINI, J. A.; MENARDI JÚNIOR. Bacia do Rio Piracicaba (SP), Brasil – gênese das variações pluviais e reflexos na desorganização do espaço. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 6, 1997, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires, 1997.

ZAVATIN, J. A. & SEMEGHINI, D. de M. O Ritmo Pluvial e seus Impactos nas Atividades Humanas e no Quadro Natural da Bacia do Rio Mogi Guaçu - SP - Brasil. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 6, 1997, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires, 1997.

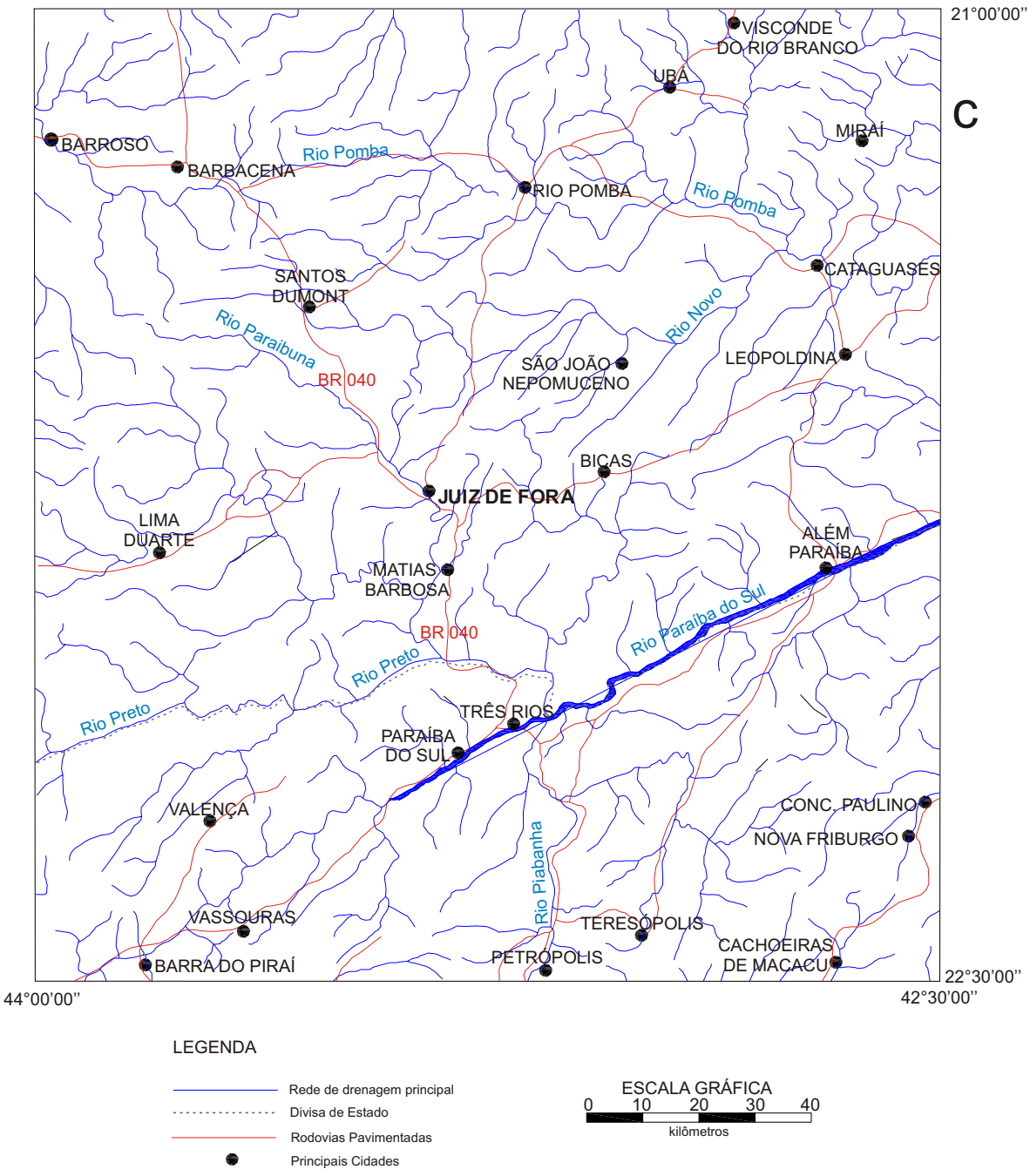
ZAVATINI, J. A. & BOIN, M. N. Técnicas Empregadas no Estudo do Impacto Pluvial no Oeste Paulista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 3, 1998, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 1998.

VIII – Anexos



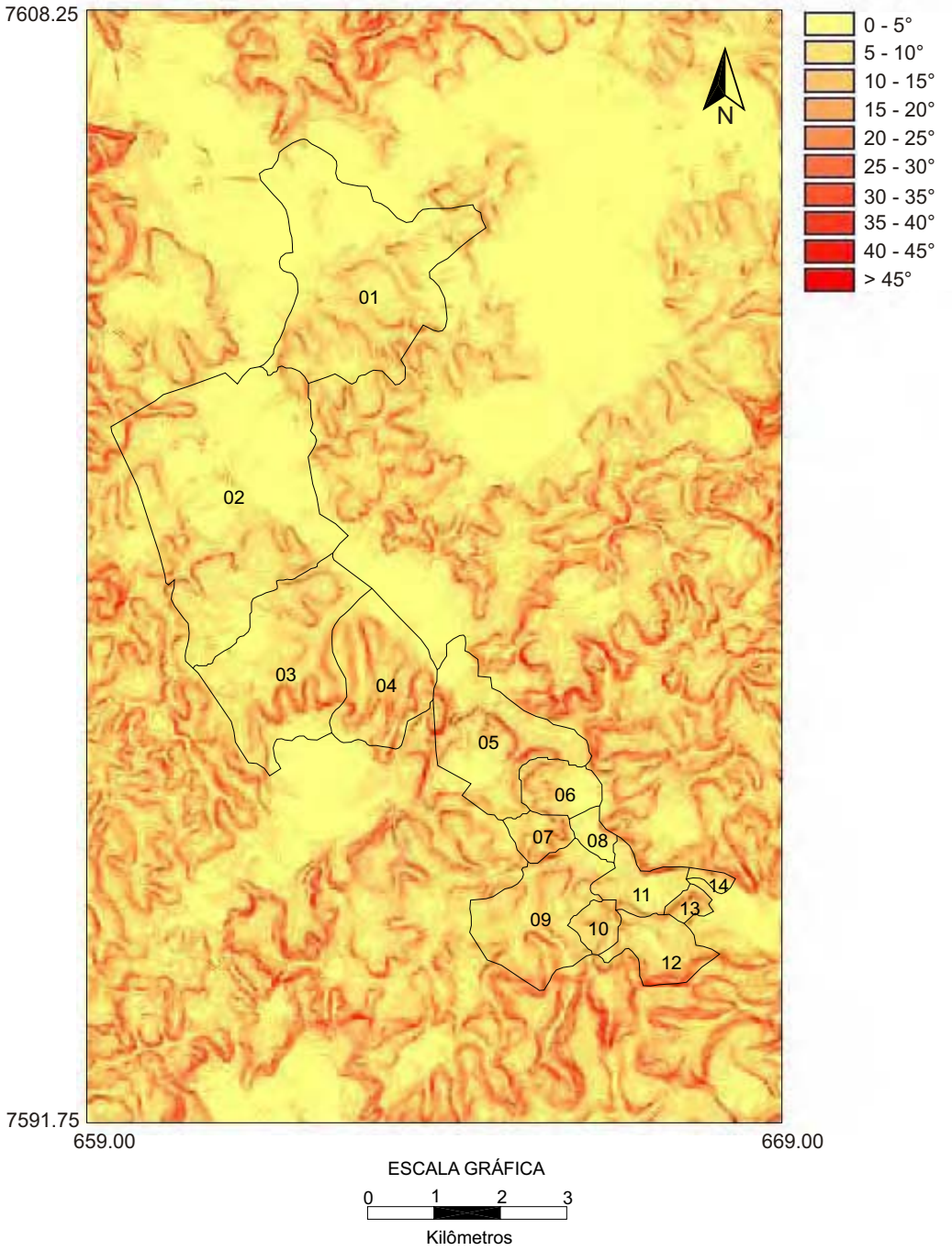
Fonte: Folha SF - 23, IBGE, 1972. Escala 1:1.000.000. Digitalização: Lucas B. Souza / janeiro 2001

Figura 09: Hipsometria da Região de Estudo



Fonte: Folha SF - 23, IBGE, 1972. Escala 1:1.000.000. Digitalização: Lucas B. Souza / janeiro 2001

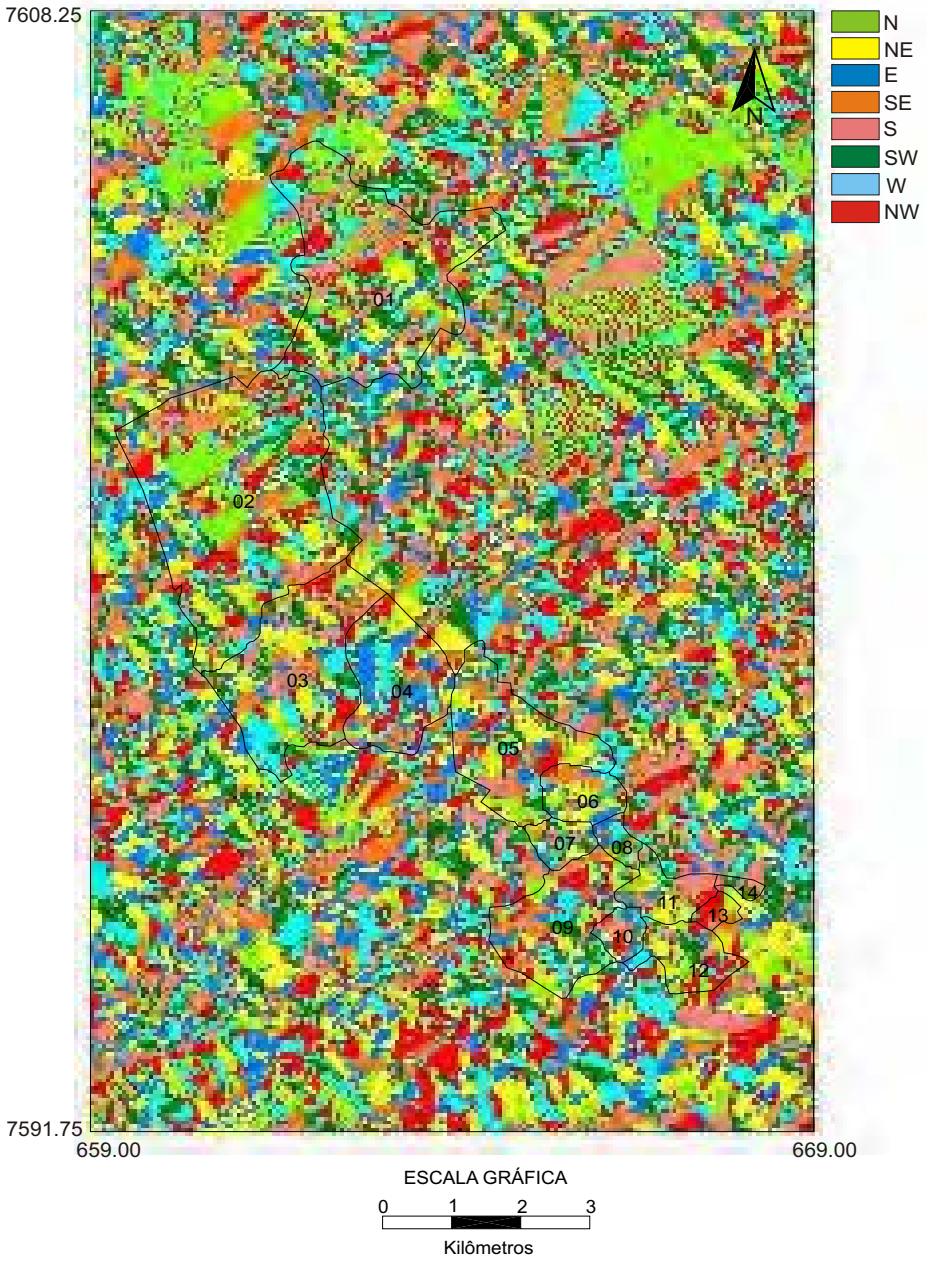
Figura 05: Principais Cidades, Vias de Circulação e Rede de Drenagem da Região de Estudo



LEGENDA:

01	Barreira do Triunfo	08	Bairro Industrial
02	Benfica	09	Francisco Bernardino
03	Santa Cruz	10	Carlos Chagas
04	Nova Era	11	Cerâmica
05	Barbosa Lage	12	Monte Castelo
06	Jóquei Clube	13	Esplanada
07	Jardim Natal	14	São Dimas

Figura 50 - Região Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora / MG - DECLIVIDADE
(Fonte: IBGE, 1983. Elaboração: Thiago S. Azevedo/Lucas B. Souza, 2001)



LEGENDA:

01	Barreira do Triunfo	08	Bairro Industrial
02	Benfica	09	Francisco Bernardino
03	Santa Cruz	10	Carlos Chagas
04	Nova Era	11	Cerâmica
05	Barbosa Lage	12	Monte Castelo
06	Jóquei Clube	13	Esplanada
07	Jardim Natal	14	São Dimas

Figura 51 - Região Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora / MG - EXPOSIÇÃO DE VERTENTES
(Fonte: IBGE, 1983. Elaboração: Thiago S. Azevedo/Lucas B. Souza, 2001)

Figura 53 - Local de escorregamento no Bairro Vila Melo Reis, em março/2000. (Lucas Barbosa e Souza, 2002)

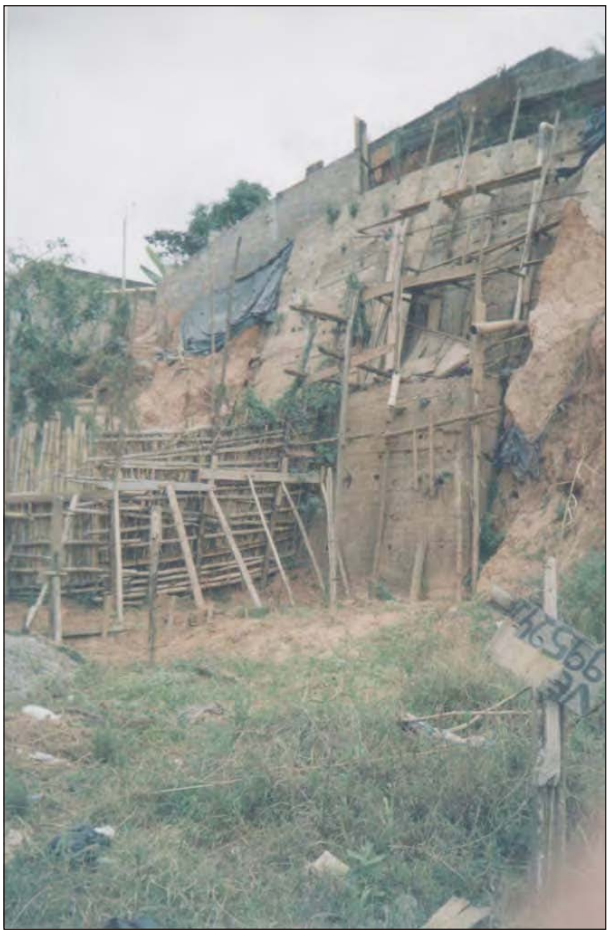


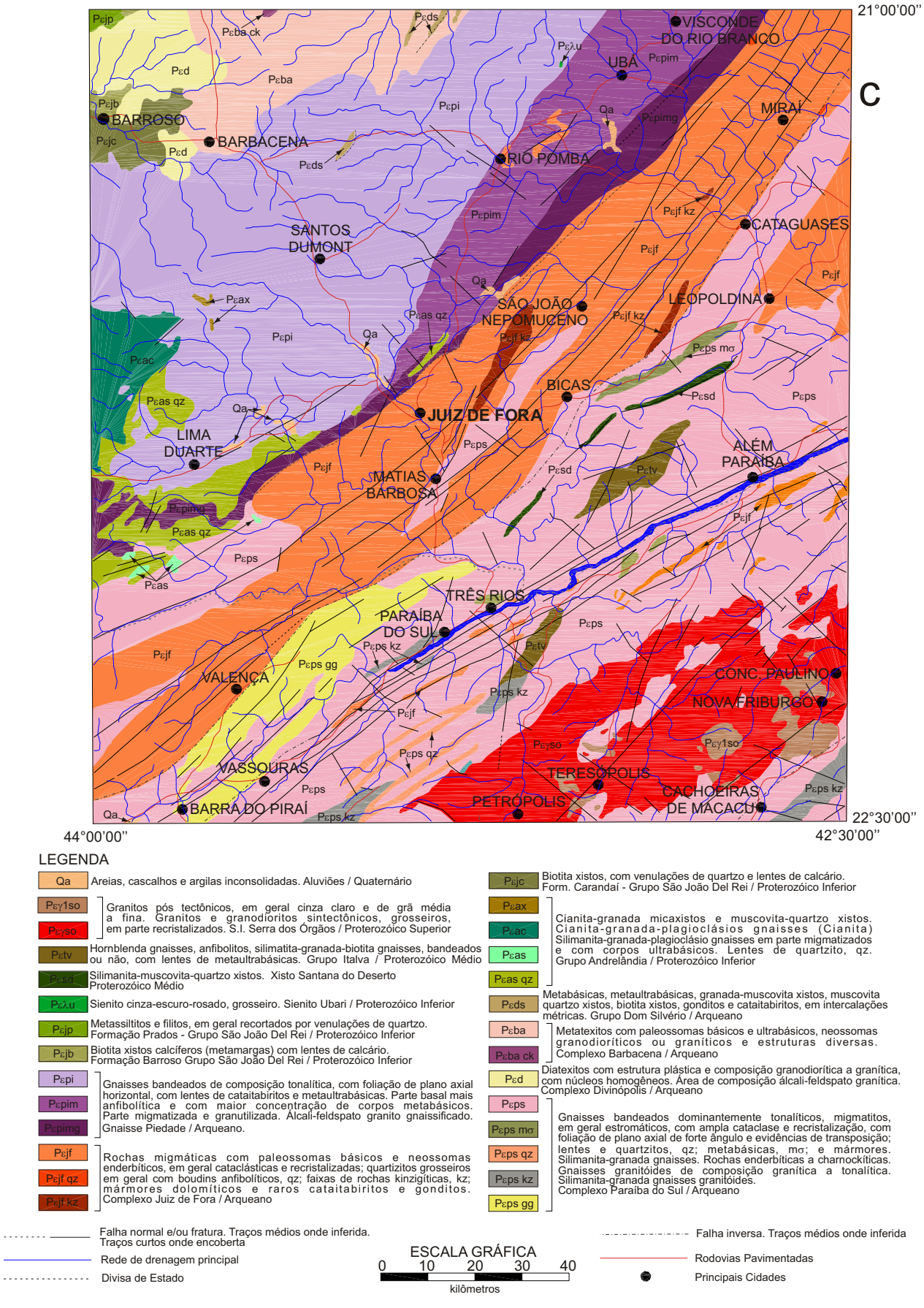
Figura 54 - Local de escorregamento no Bairro Santa Cruz, em janeiro/1997. (Lucas Barbosa e Souza, 2002)

Figura 55 - Local de escorregamento no Bairro Ponte Preta, em janeiro/1997 (Lucas Barbosa e Souza, 2002)

Figura 56 - Local de escorregamento no Bairro Vila Esperança I, em fevereiro/1999. (Lucas Barbosa e Souza, 2002)

Figura 57 - Local de escorregamento no Bairro Vila Esperança II, em dezembro/2000. (Lucas Barbosa e Souza, 2002)

Figura 58 - Local de escorregamento no Bairro Jóquei Clube, em janeiro/1997. O sobrado foi construído após o acidente. (Lucas Barbosa e Souza, 2002)



LEGENDA

- Qa — Areias, cascalhos e argilas inconsolidadas. Aluviões / Quaternário
- Pεγ1so, Pεγso — Granitos pós tectônicos, em geral cinza claro e de grã média a fina. Granitos e granodioritos sintectônicos, grosseiros, em parte recristalizados. S.I. Serra dos Órgãos / Proterozóico Superior
- Pεtv — Hornblenda gnaisses, anfibolitos, silimatita-granada-biotita gnaisses, bandeados ou não, com lentes de metaultrabásicas. Grupo Italva / Proterozóico Médio
- Pεsd — Silimanita-muscovita-quartzo xistos. Xisto Santana do Deserto Proterozóico Médio
- Pελu — Sienito cinza-escuro-rosado, grosseiro. Sienito Ubari / Proterozóico Inferior
- Pεjp — Metassiltitos e filitos, em geral recortados por venulações de quartzo. Formação Prados - Grupo São João Del Rei / Proterozóico Inferior
- Pεjb — Biotita xistos calcíferos (metamargas) com lentes de calcário. Formação Barroso Grupo São João Del Rei / Proterozóico Inferior
- Pεpi, Pεpim, Pεpimg — Gnaisses bandeados de composição tonalítica, com foliação de plano axial horizontal, com lentes de cataitabiritos e metaultrabásicas. Parte basal mais anfibolítica e com maior concentração de corpos metabásicos. Parte migmatizada e granutilizada. Álcali-feldspato granito gnaissificado. Gnaisse Piedade / Arqueano.
- Pεjf, Pεjf qz, Pεjf kz — Rochas migmáticas com paleossomas básicos e neossomas enderbíticos, em geral cataclásticas e recristalizadas; quartzitos grosseiros em geral com boudins anfibolíticos, qz; faixas de rochas kinzigíticas, kz; mármores dolomíticos e raros cataitabiritos e gonditos. Complexo Juiz de Fora / Arqueano
- Pεjc — Biotita xistos, com venulações de quartzo e lentes de calcário. Form. Carandaí - Grupo São João Del Rei / Proterozóico Inferior
- Pεax, Pεac, Pεas, Pεas qz — Cianita-granada micaxistos e muscovita-quartzo xistos. Cianita-granada-plagioclásios gnaisses (Cianita) Silimanita-granada-plagioclásio gnaisses em parte migmatizados e com corpos ultrabásicos. Lentes de quartzito, qz. Grupo Andrelândia / Proterozóico Inferior
- Pεds — Metabásicas, metaultrabásicas, granada-muscovita xistos, muscovita quartzo xistos, biotita xistos, gonditos e cataitabiritos, em intercalações métricas. Grupo Dom Silvério / Arqueano
- Pεba, Pεba ck — Metatexitos com paleossomas básicos e ultrabásicos, neossomas granodioríticos ou graníticos e estruturas diversas. Complexo Barbacena / Arqueano
- Pεd — Diatexitos com estrutura plástica e composição granodiorítica a granítica, com núcleos homogêneos. Área de composição álcali-feldspato granítica. Complexo Divinópolis / Arqueano
- Pεps, Pεps mσ, Pεps qz, Pεps kz, Pεps gg — Gnaisses bandeados dominantemente tonalíticos, migmatitos, em geral estromáticos, com ampla cataclase e recristalização, com foliação de plano axial de forte ângulo e evidências de transposição; lentes e quartzitos, qz; metabásicas, mσ; e mármores. Silimanita-granada gnaisses. Rochas enderbíticas a charnockíticas. Gnaisses granitóides de composição granítica a tonalítica. Silimanita-granada gnaisses granitóides. Complexo Paraíba do Sul / Arqueano

Falha normal e/ou fratura. Traços médios onde inferida. Traços curtos onde encoberta

Rede de drenagem principal

Divisa de Estado

ESCALA GRÁFICA
0 10 20 30 40
kilômetros

Falha inversa. Traços médios onde inferida

Rodovias Pavimentadas

Principais Cidades

Figura 07: Unidades Geológicas e Sistema de Falhamentos da Região de Estudo

Fonte: Mapa Geológico - RADAMBRASIL, 1983. Escala 1:1.000.000. Digitalização: Lucas B. Souza / janeiro 2001

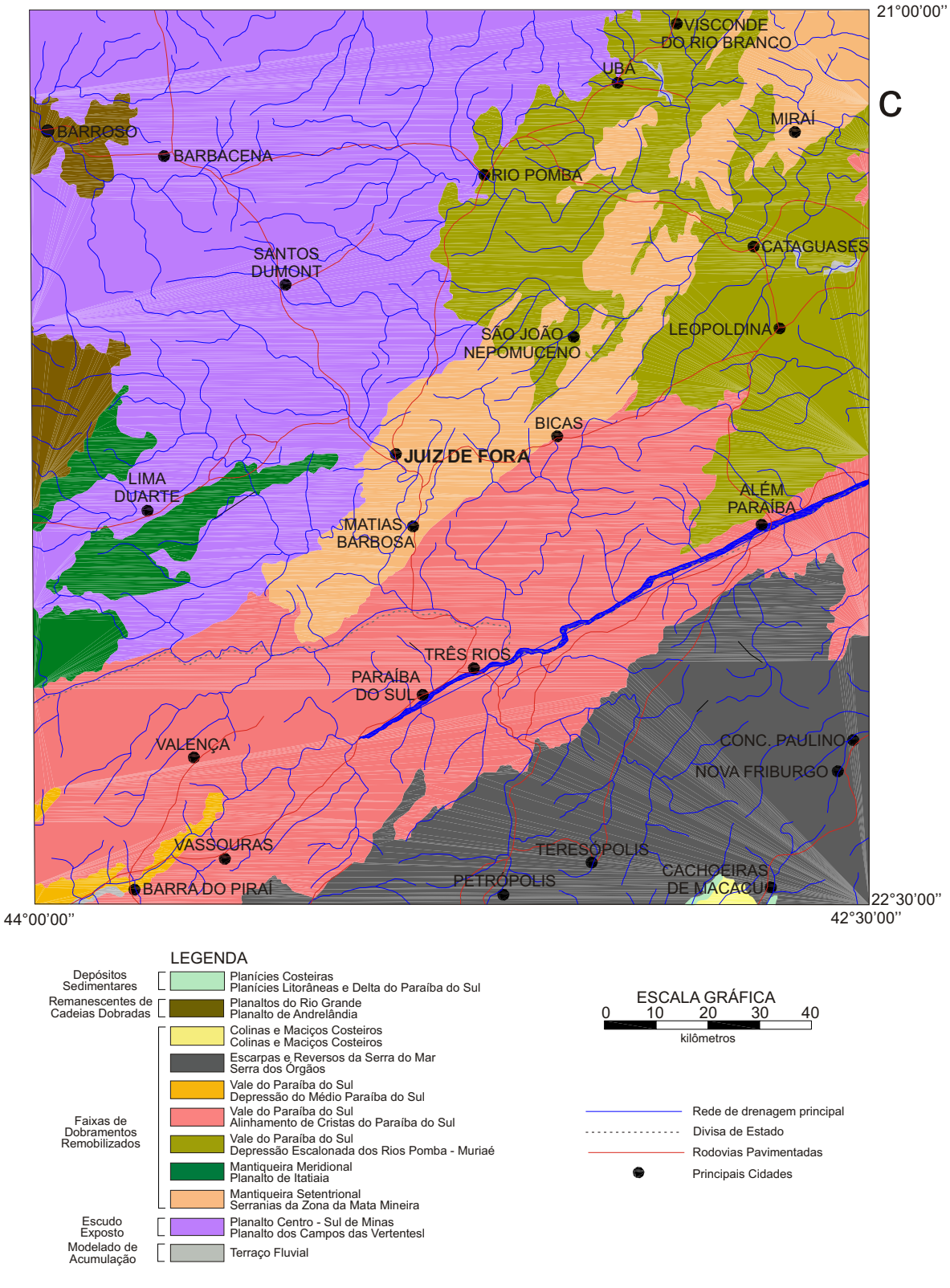
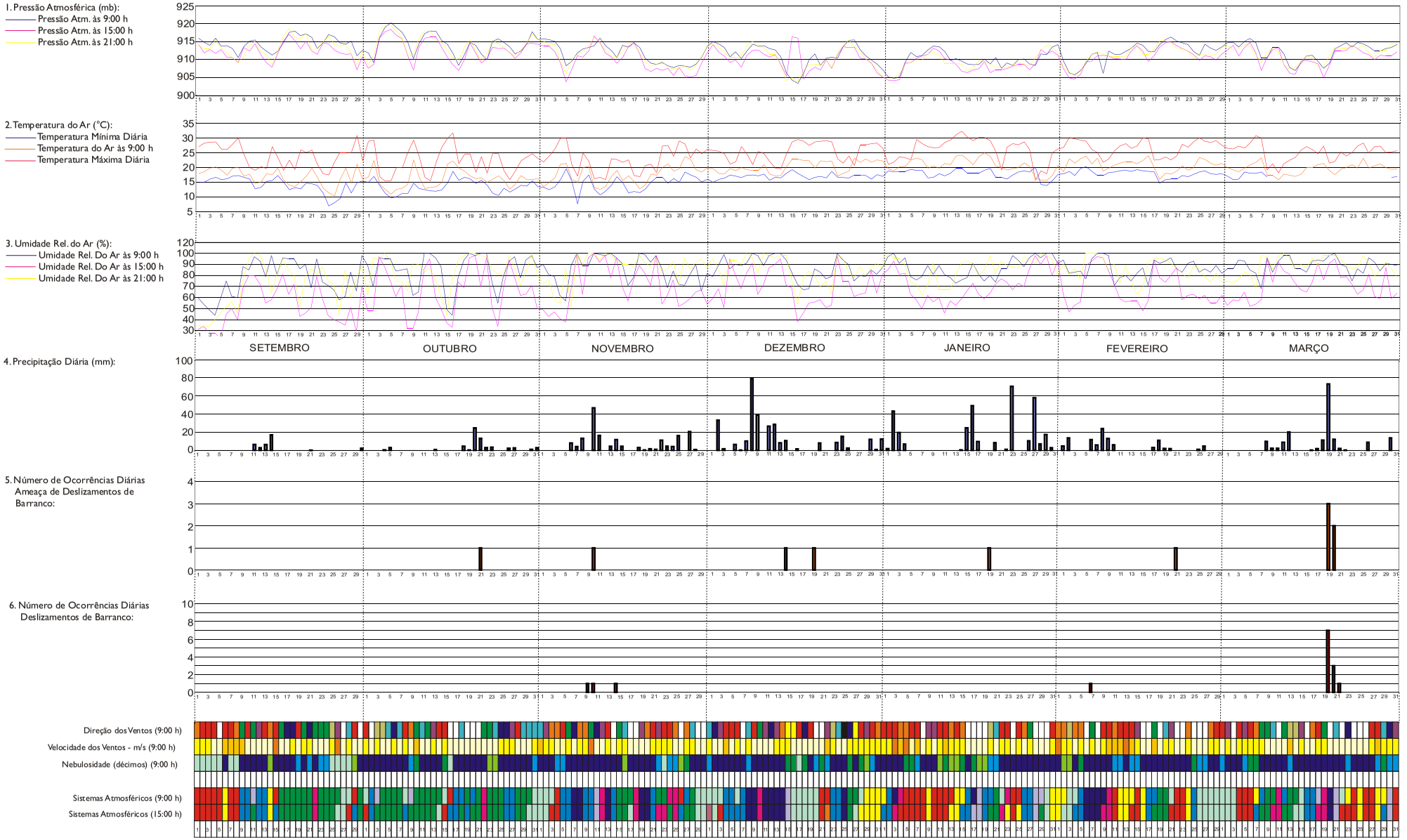


Figura 08: Domínios Morfoestruturais e Divisões Geomorfológicas da Região de Estudo

Fonte: Mapa Geomorfológico - RADAMBRASIL, 1983.
Escala 1:1.000.000. Digitalização: Lucas B. Souza / janeiro 2001



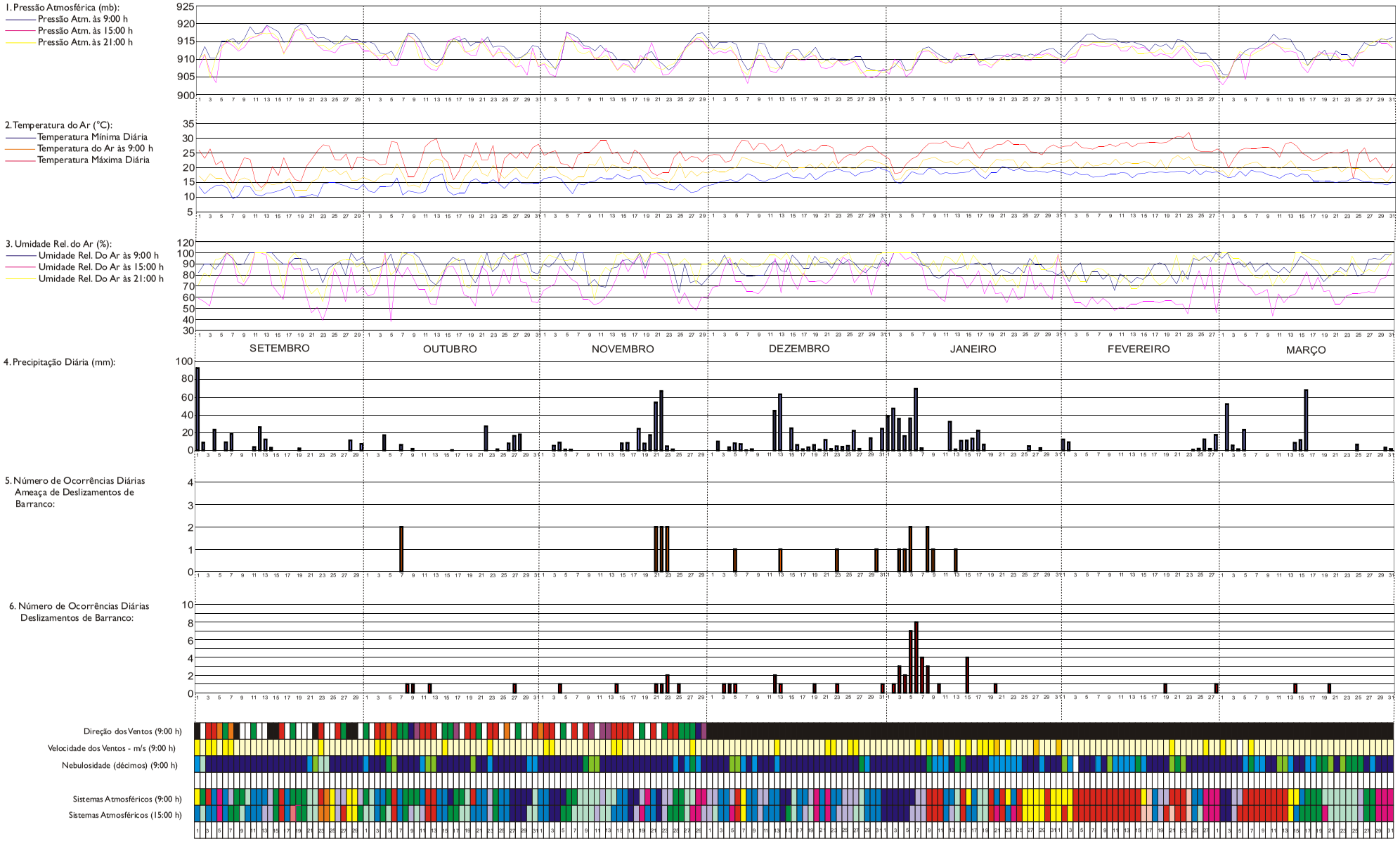
Direção dos Ventos:
N, NE, E, SE, S, SW, W, NW, Calmaria, Ausência de dados

Velocidade dos Ventos:
0 a 3 m/s
3 a 6 m/s
6 a 9 m/s
9 a 12 m/s
Ausência de dados

Nebulosidade (décimos):
0 a 2 décimos
2,1 a 4 décimos
4,1 a 6 décimos
6,1 a 8 décimos
8,1 a 10 décimos
Ausência de dados

Sistemas Atmosféricos:
Frente Polar Atlântica (FPA)
FPA Estacionária (EST)
FPA em Dissipação (DIS)
Repercussão de FPA (REP)
Frente Polar Reflexa (FPR)
FPA Setor Quente de Ret. (QTE)
Massa Tropical Atlântica (TA)
MTA Continentalizada (TAC)
M. Tropical com Linhas de Instabilidade (LI)
Massa Polar Atlântica (PA)
Massa Polar Velha (PV)

Prancha 02 - Ritmo Climático de Primavera / Verão - 1999/2000
Juiz de Fora - MG
ECP - INMET/UFJF
Elaboração: Lucas Barbosa e Souza, 2002.



Prancha 01 - Ritmo Climático de Primavera / Verão - 1996/1997
Juiz de Fora - MG
ECP - INMET/UFJF
Elaboração: Lucas Barbosa e Souza, 2002.

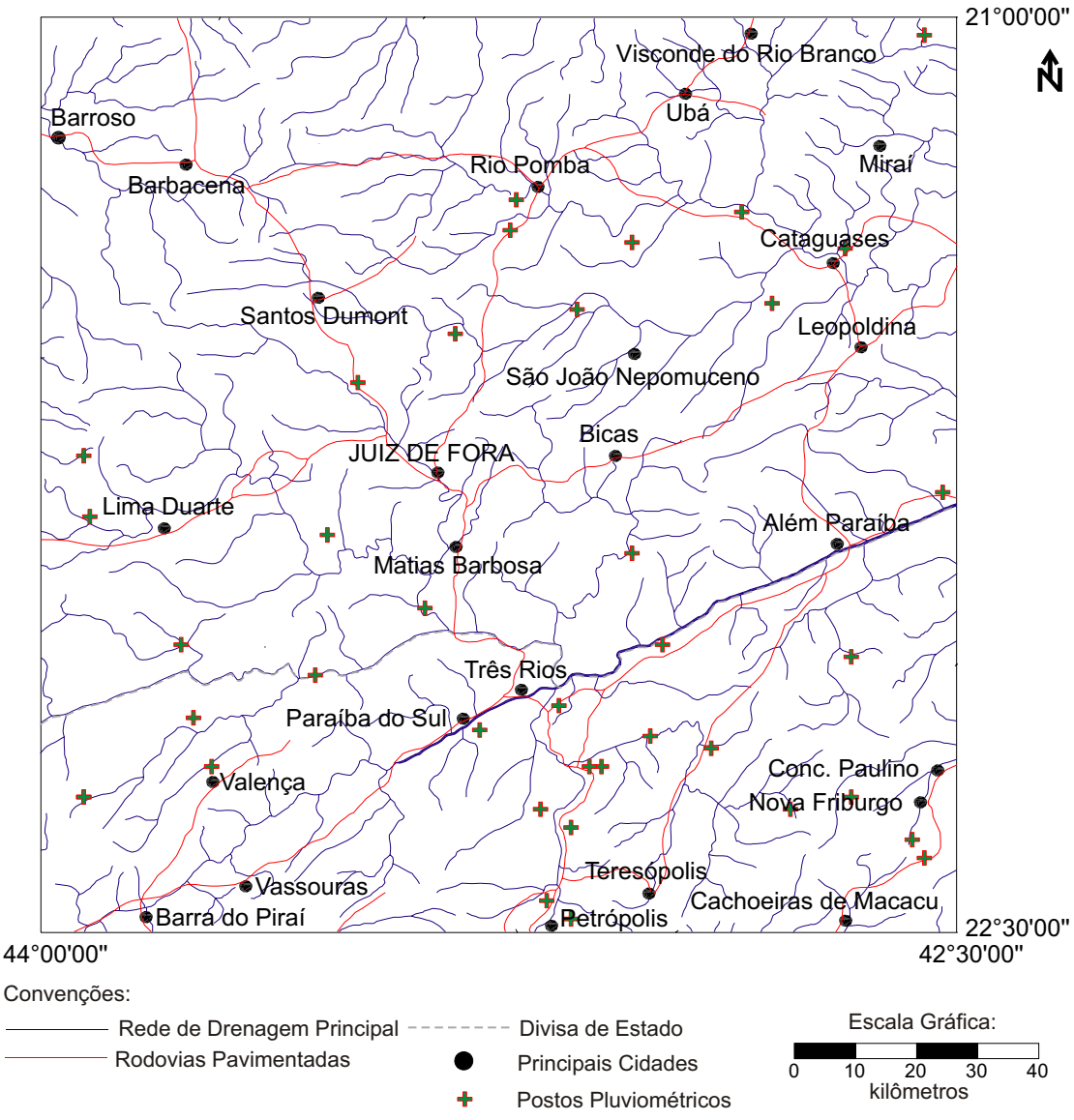
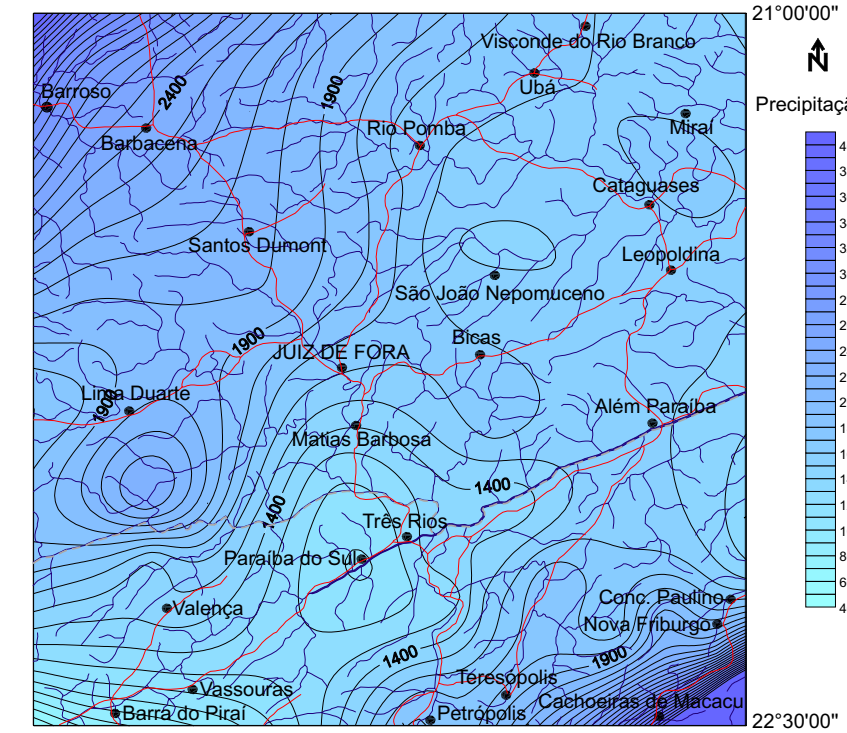


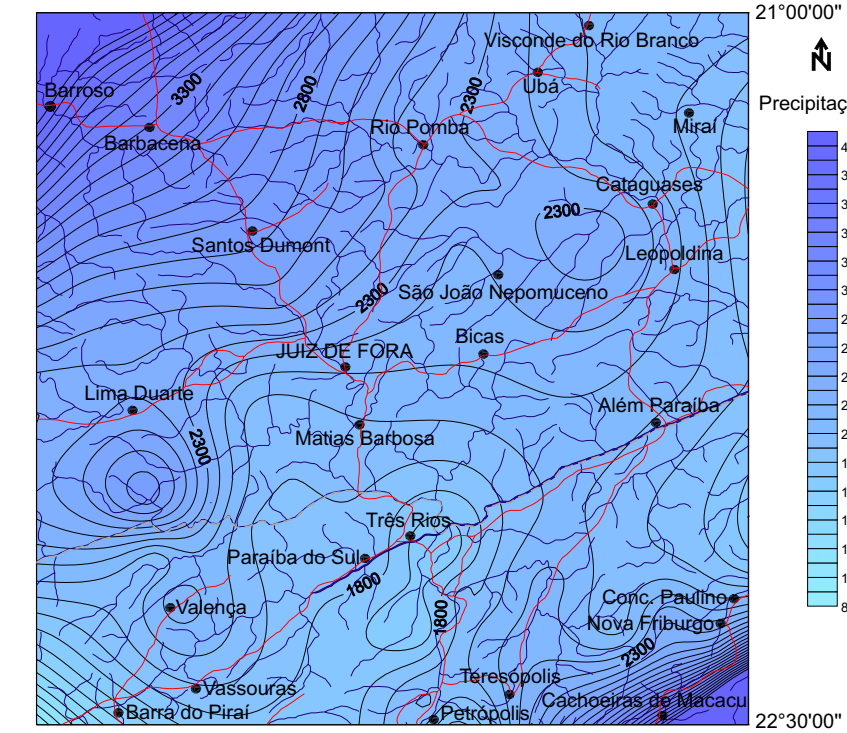
Figura 03 - Localização dos Postos Pluviométricos na Região de Estudo

Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)



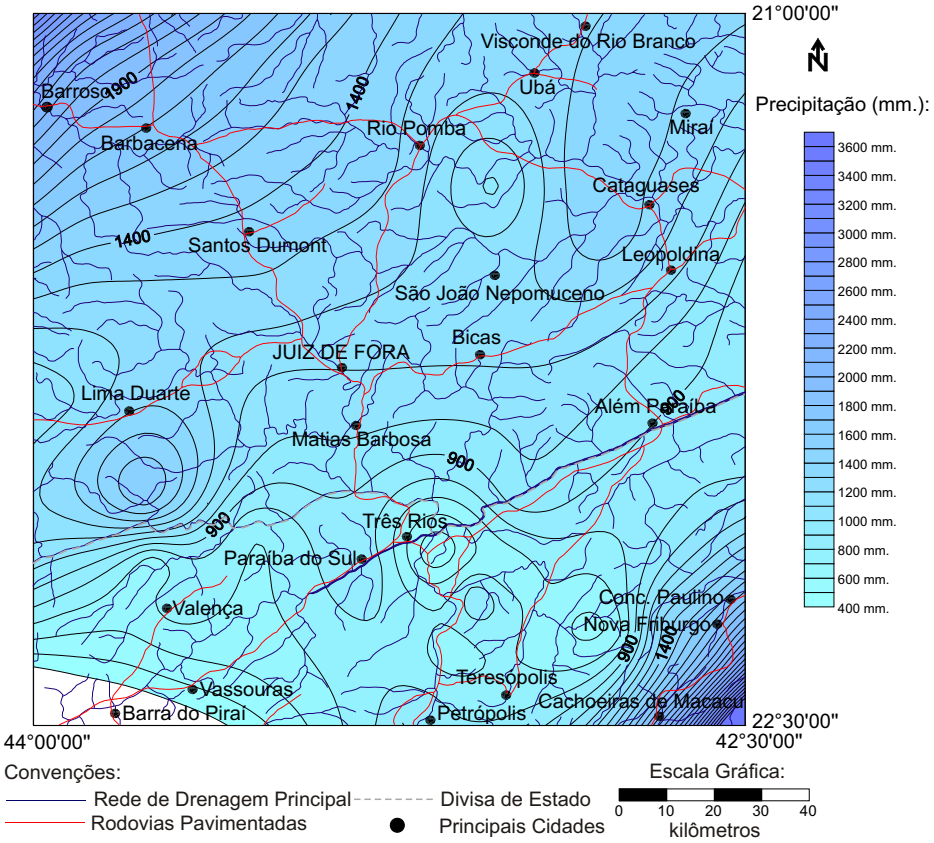
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 62 - Precipitação na Região de Estudo - 1982



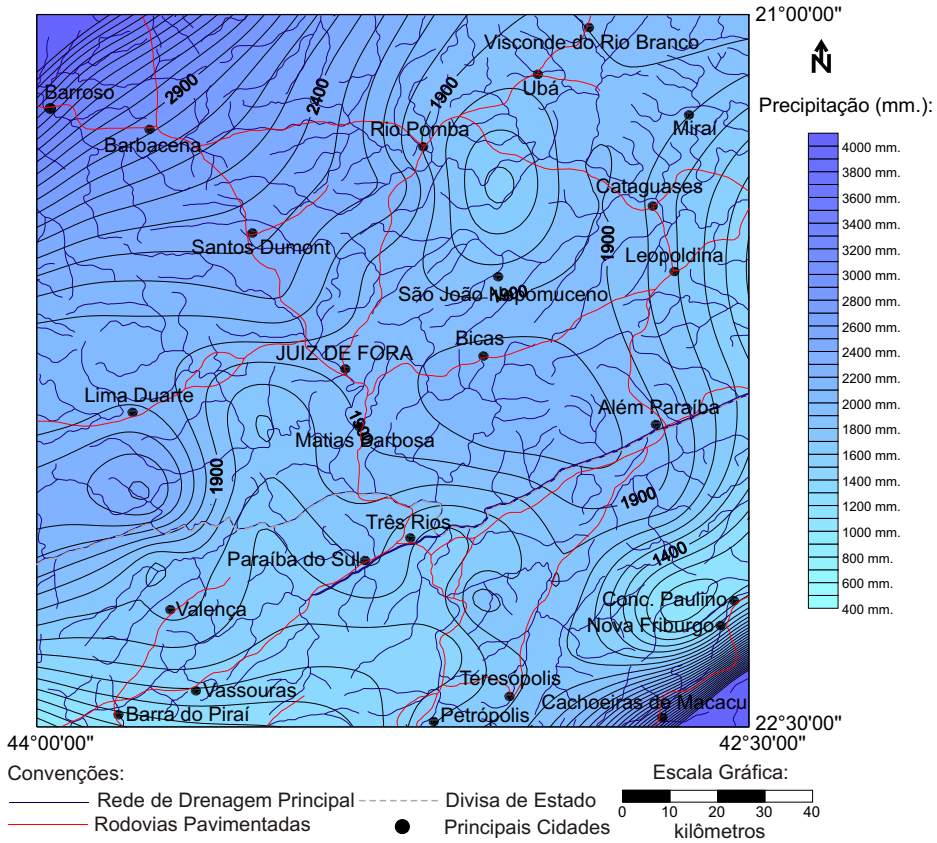
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 63 - Precipitação na Região de Estudo - 1983



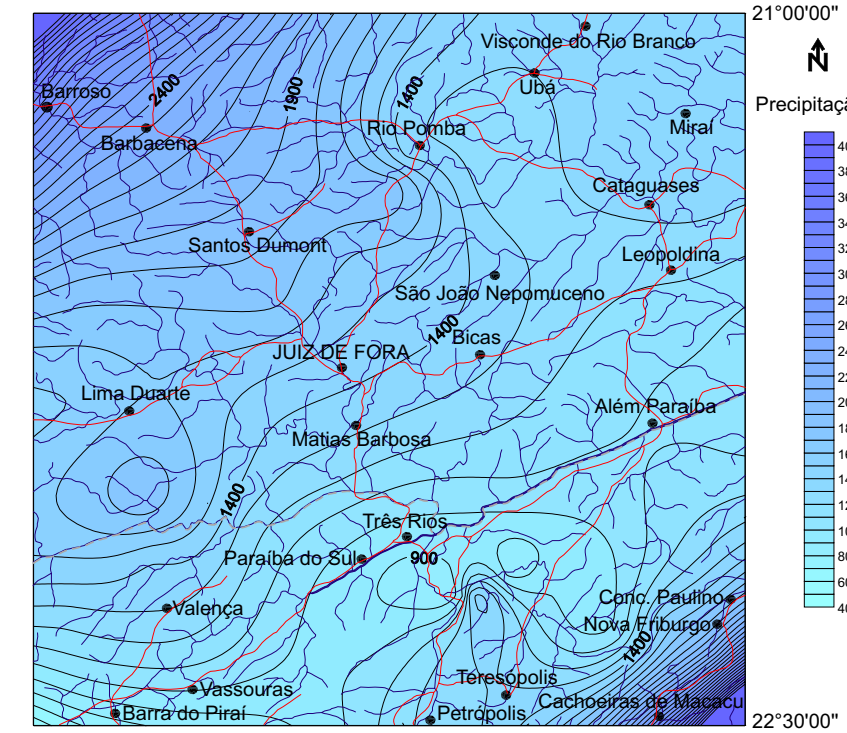
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 64 - Precipitação na Região de Estudo - 1984



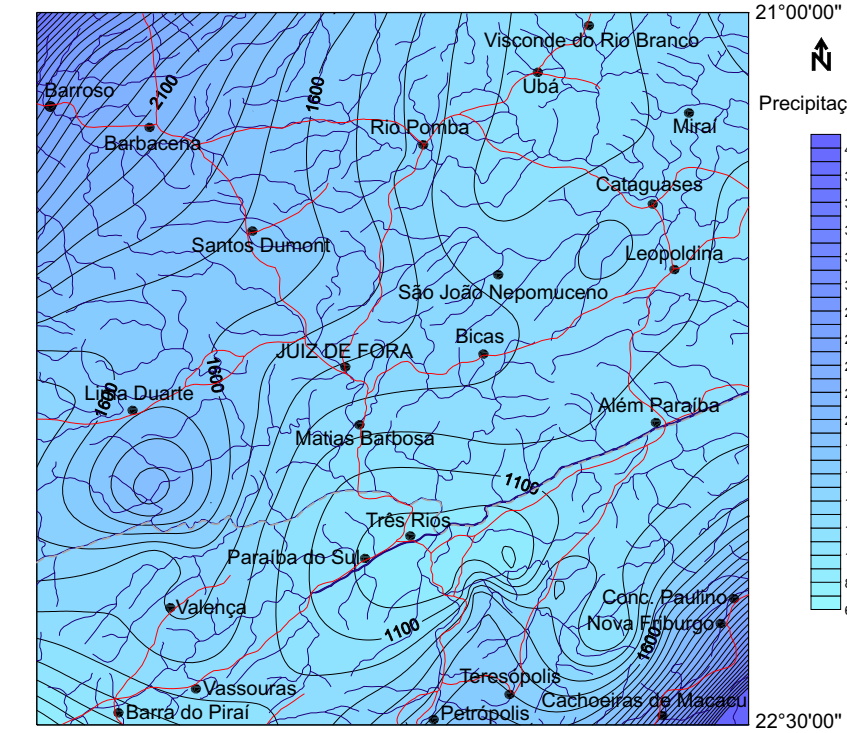
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 65 - Precipitação na Região de Estudo - 1985



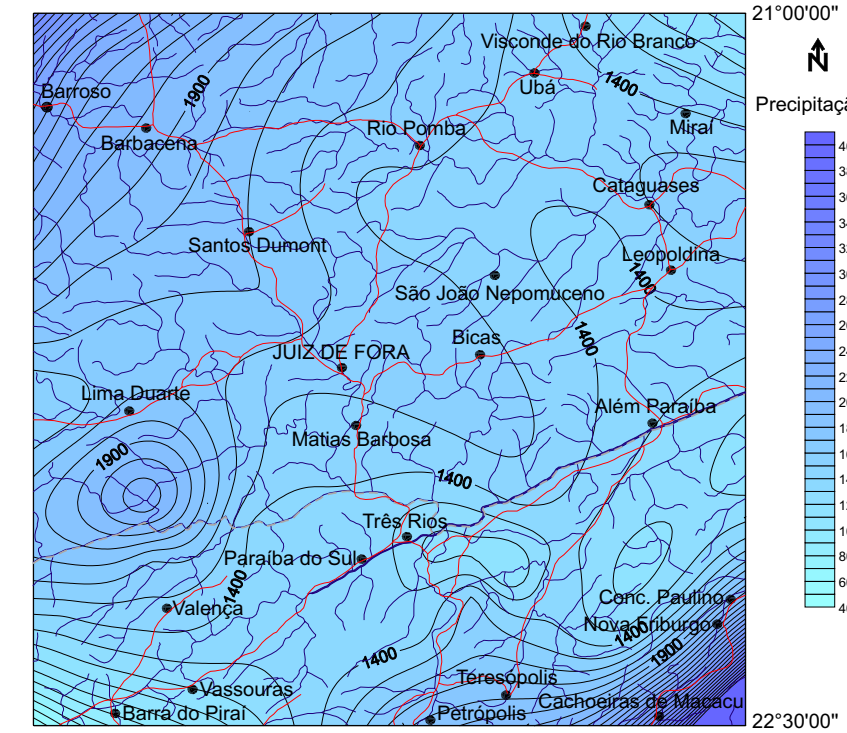
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 66 - Precipitação na Região de Estudo - 1986



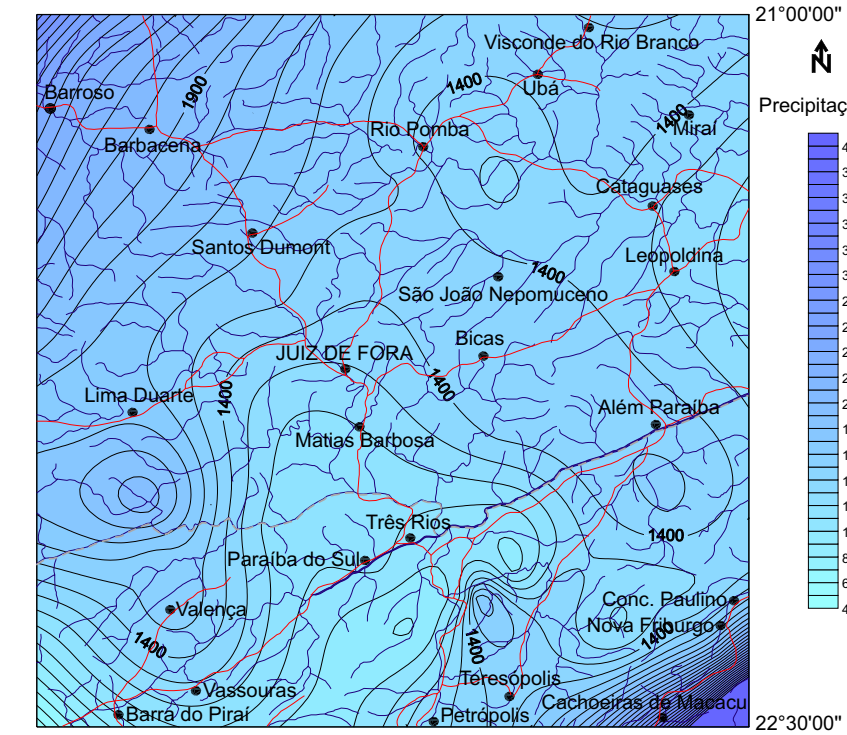
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 67 - Precipitação na Região de Estudo - 1987



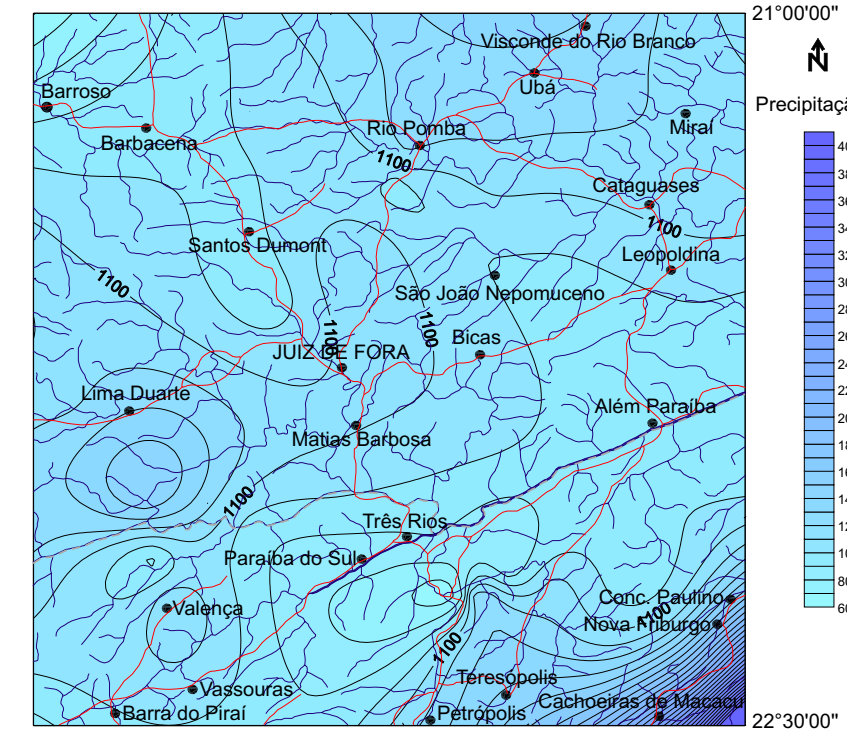
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 68 - Precipitação na Região de Estudo - 1988



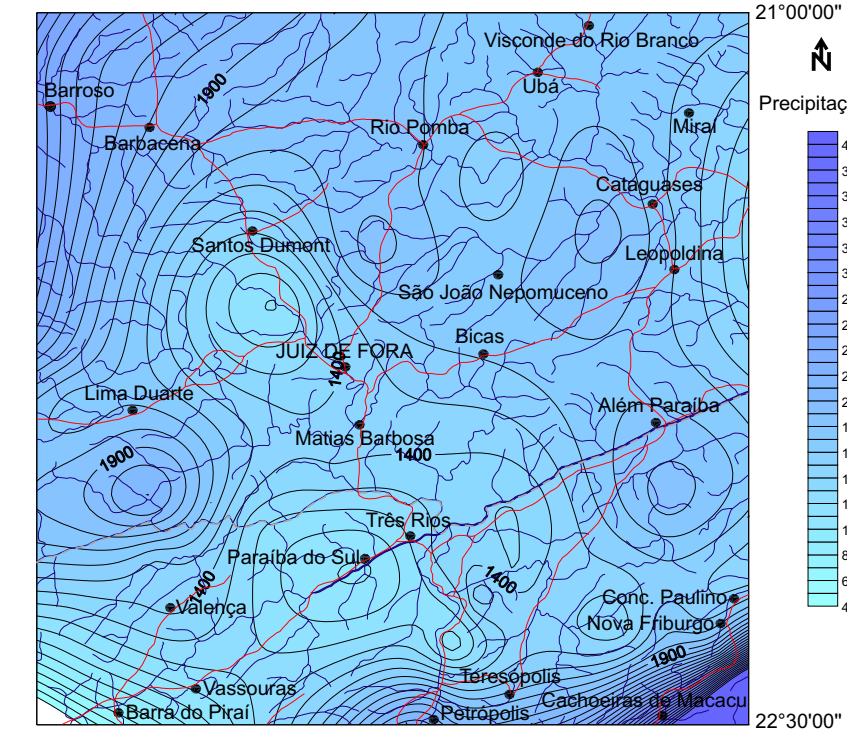
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 69 - Precipitação na Região de Estudo - 1989



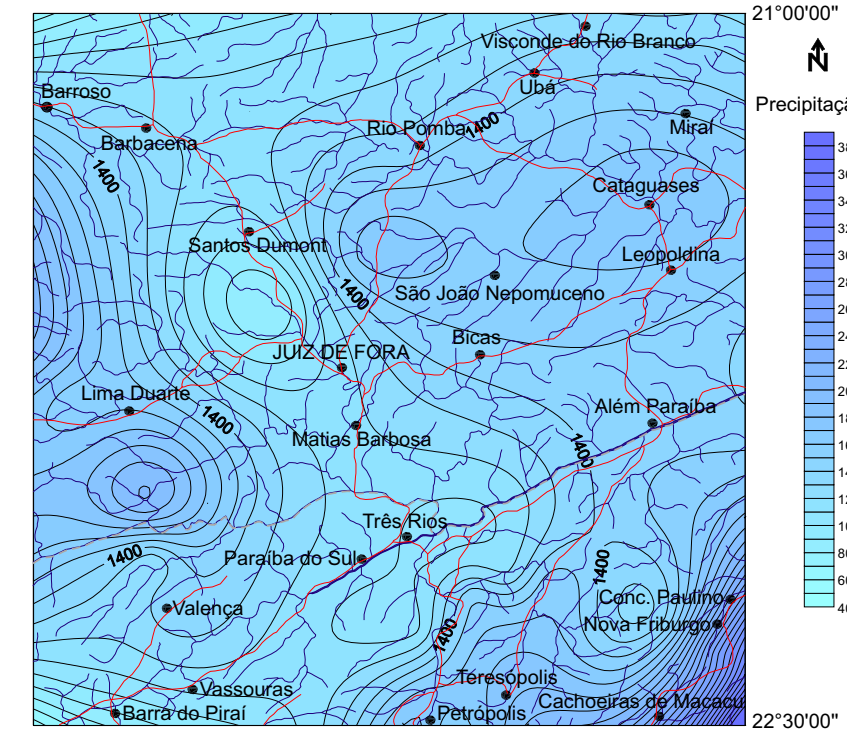
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 70 - Precipitação na Região de Estudo - 1990



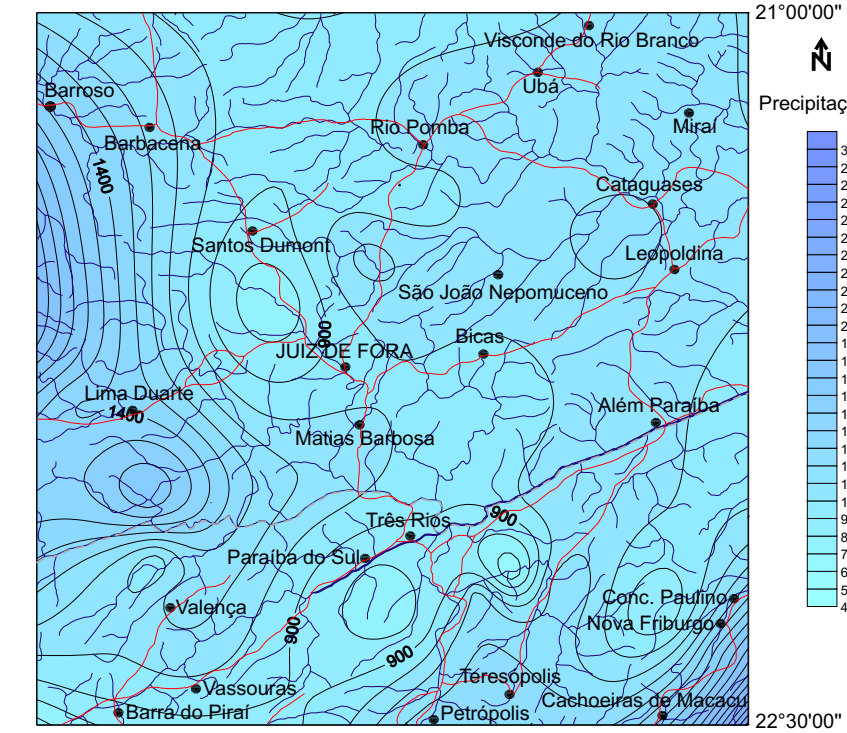
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 71 - Precipitação na Região de Estudo - 1991



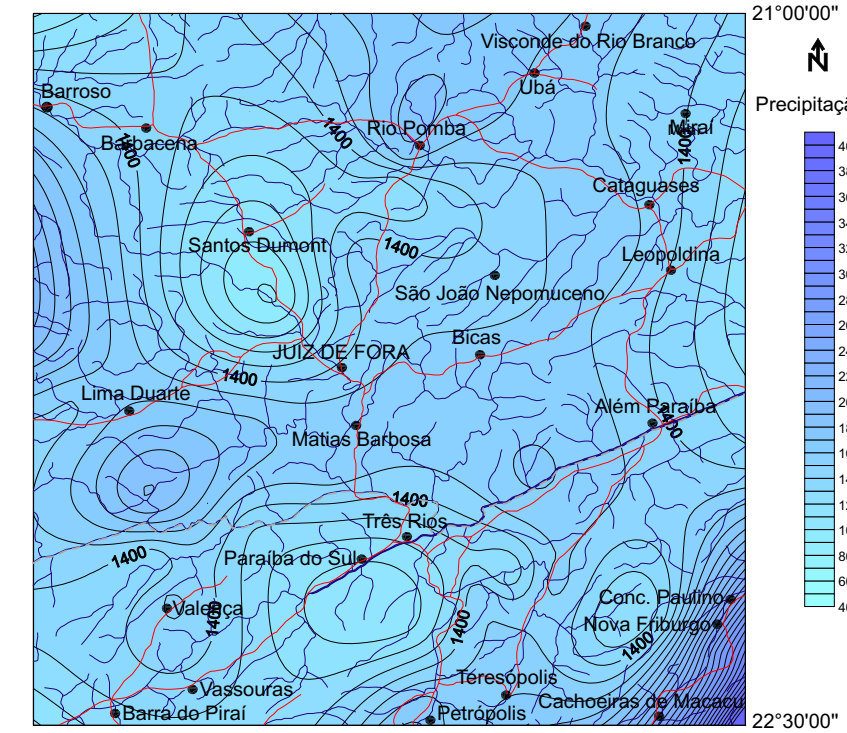
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 72 - Precipitação na Região de Estudo - 1992



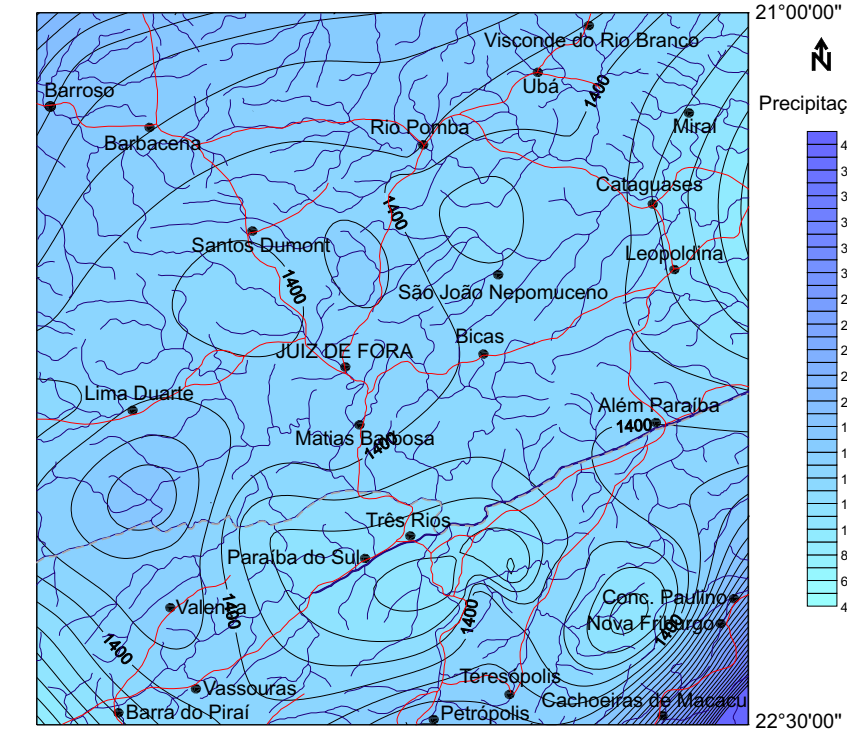
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 73 - Precipitação na Região de Estudo - 1993



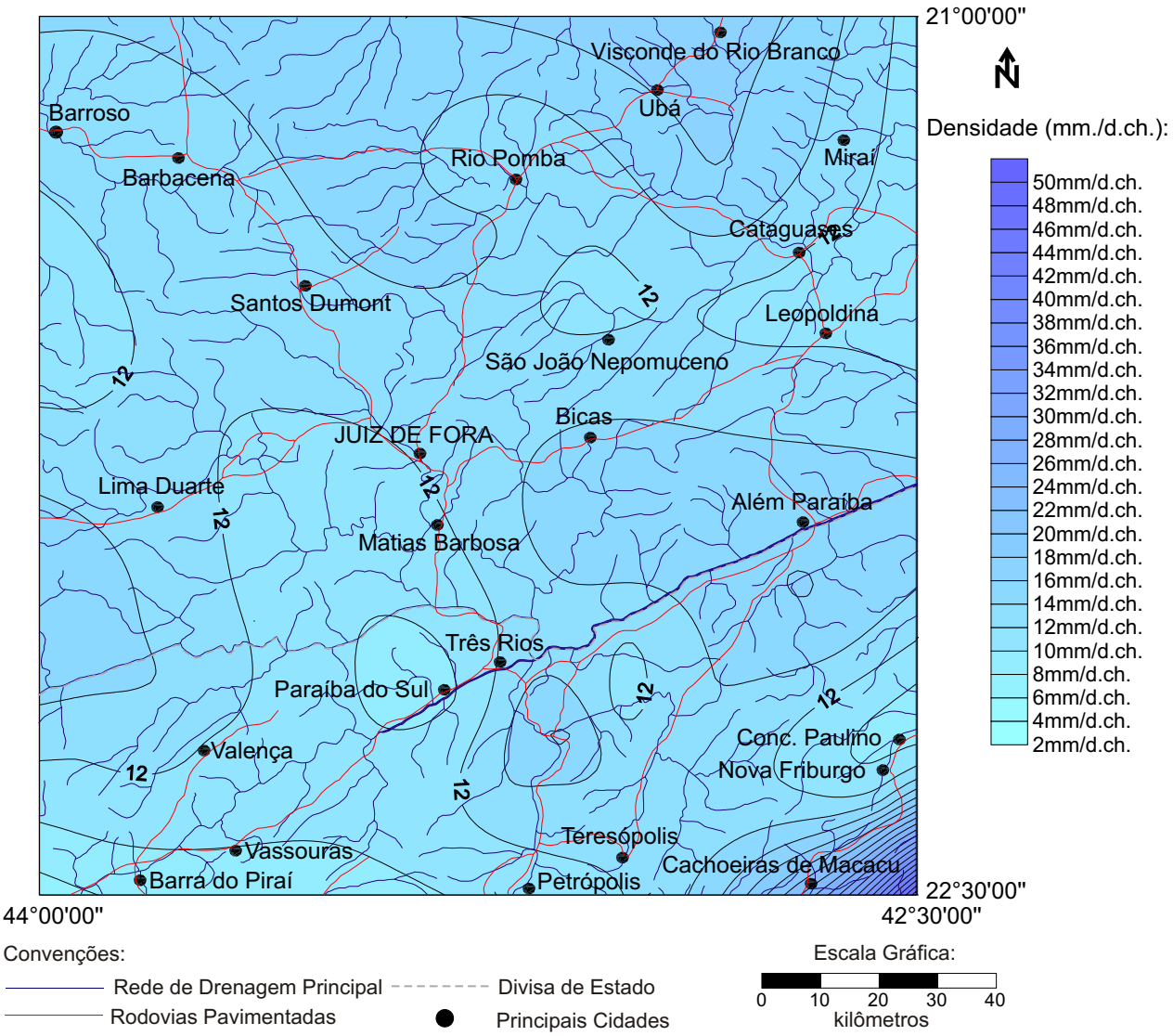
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 74 - Precipitação na Região de Estudo - 1994



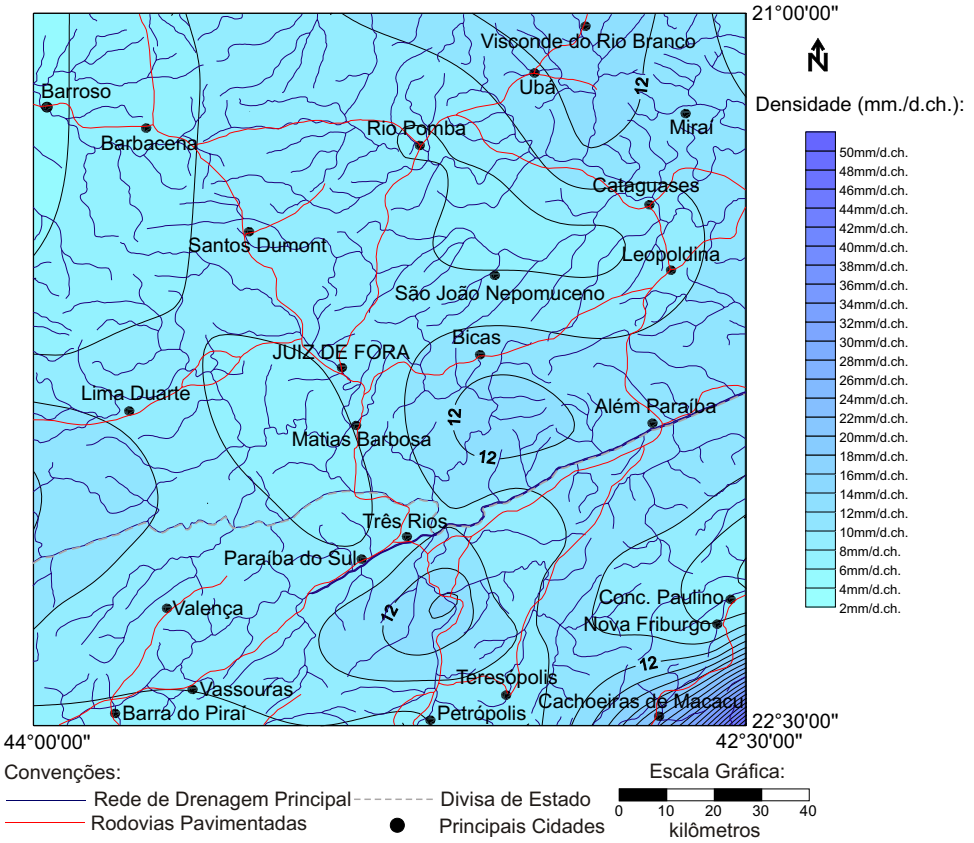
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 75 - Precipitação na Região de Estudo - 1995



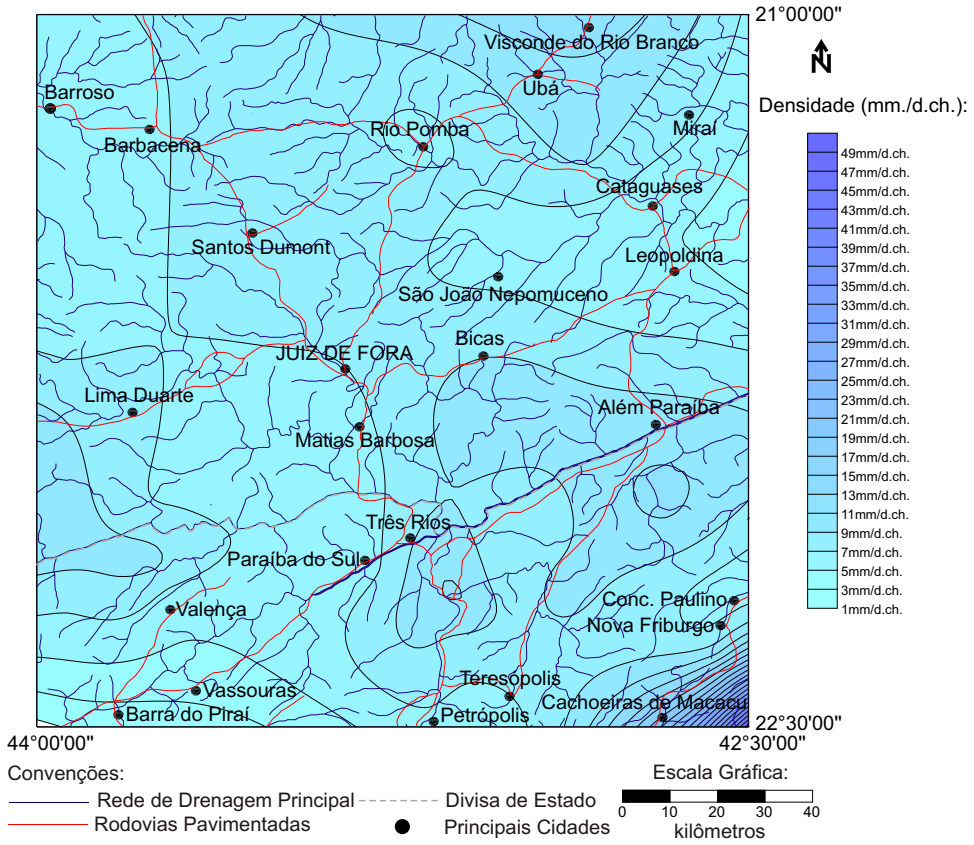
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 41 - Densidade Média Anual da Precipitação na Região de Estudo (1982 - 1995)



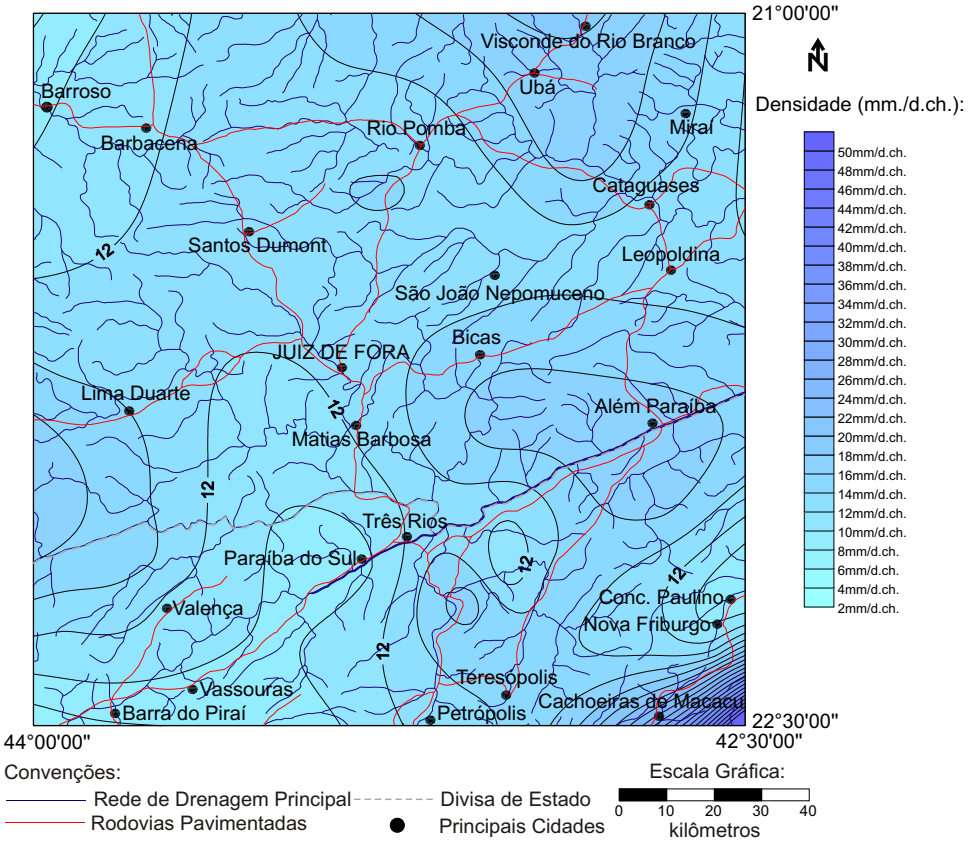
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 44 - Densidade Média da Precipitação de Outono na Região de Estudo (1982 - 1995)



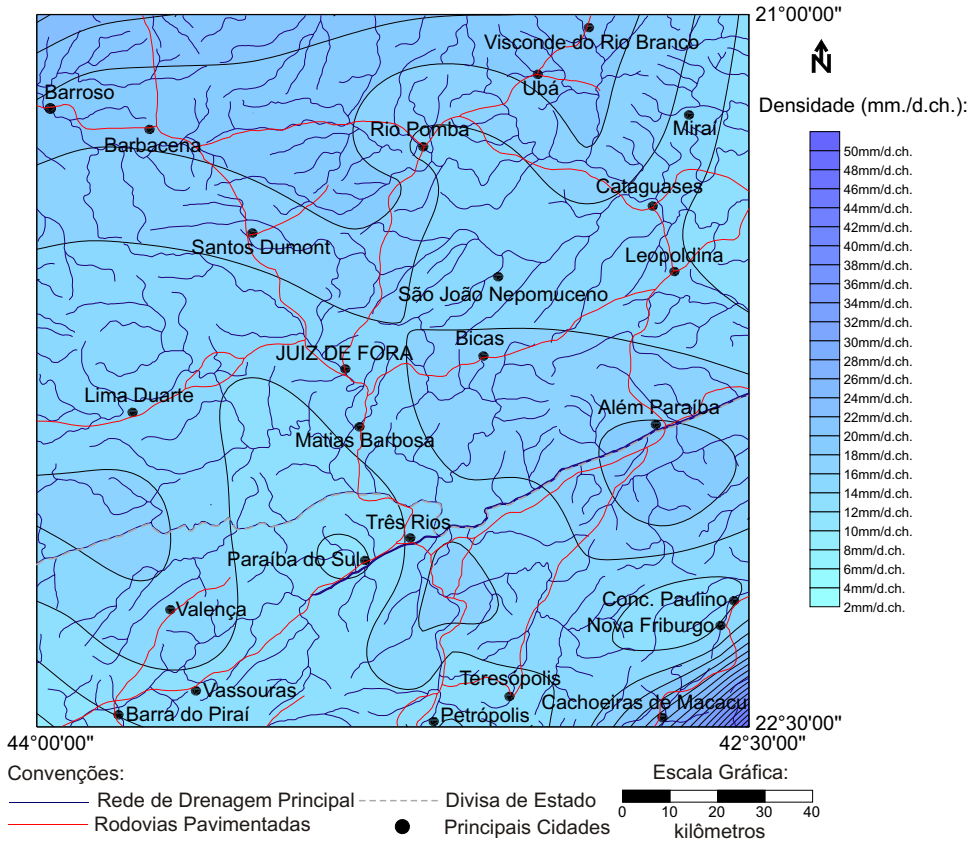
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 45 - Densidade Média da Precipitação de Inverno na Região de Estudo (1982 - 1995)



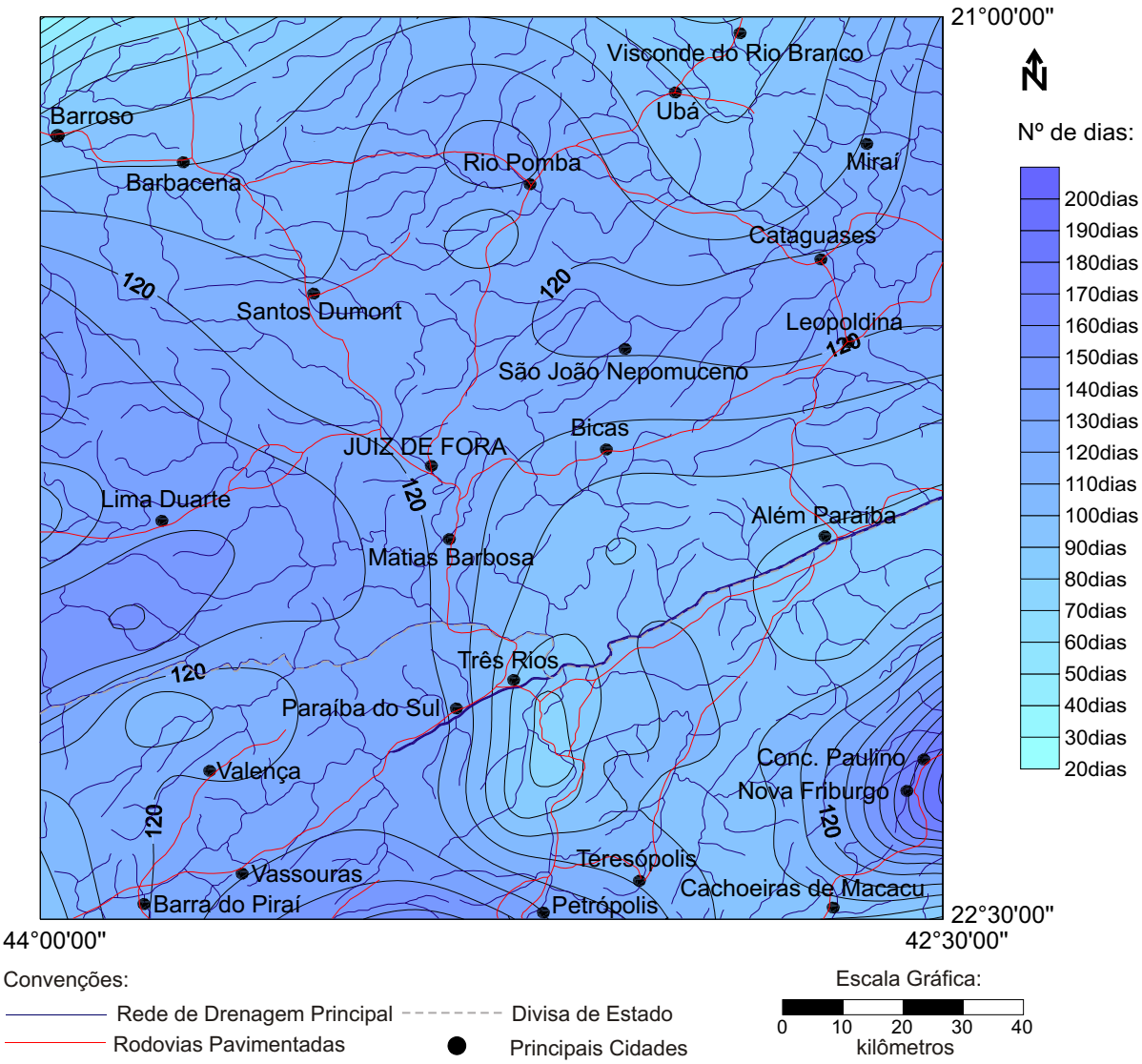
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 42 - Densidade Média da Precipitação de Primavera na Região de Estudo (1982 - 1995)



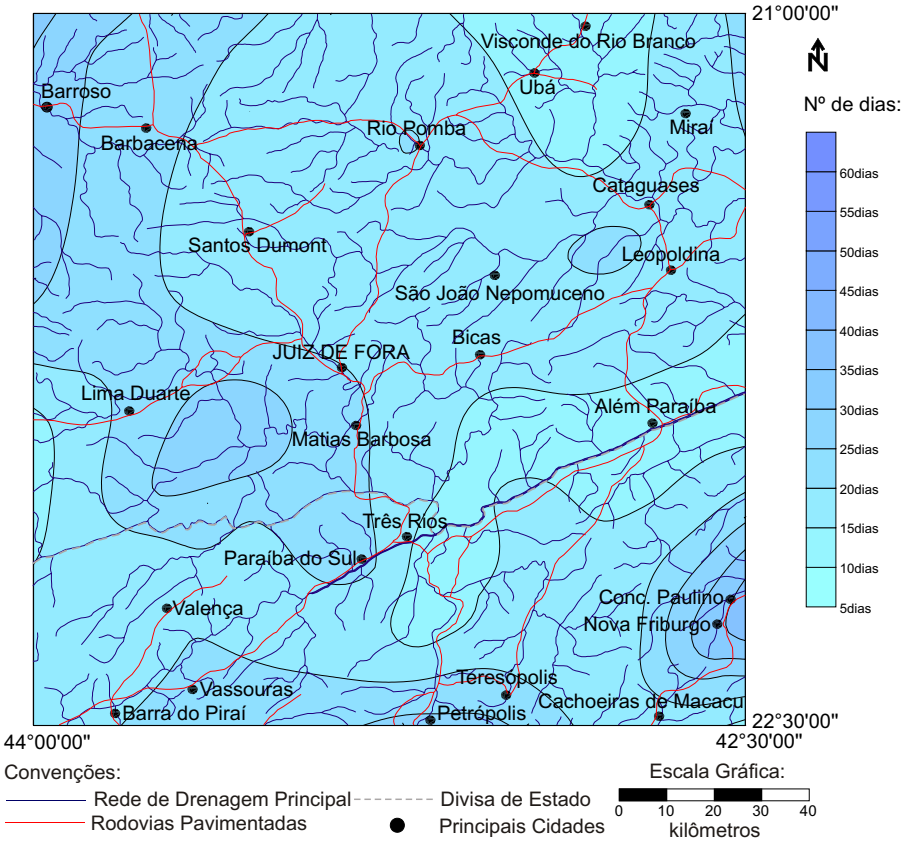
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 43 - Densidade Média da Precipitação de Verão na Região de Estudo (1982 - 1995)



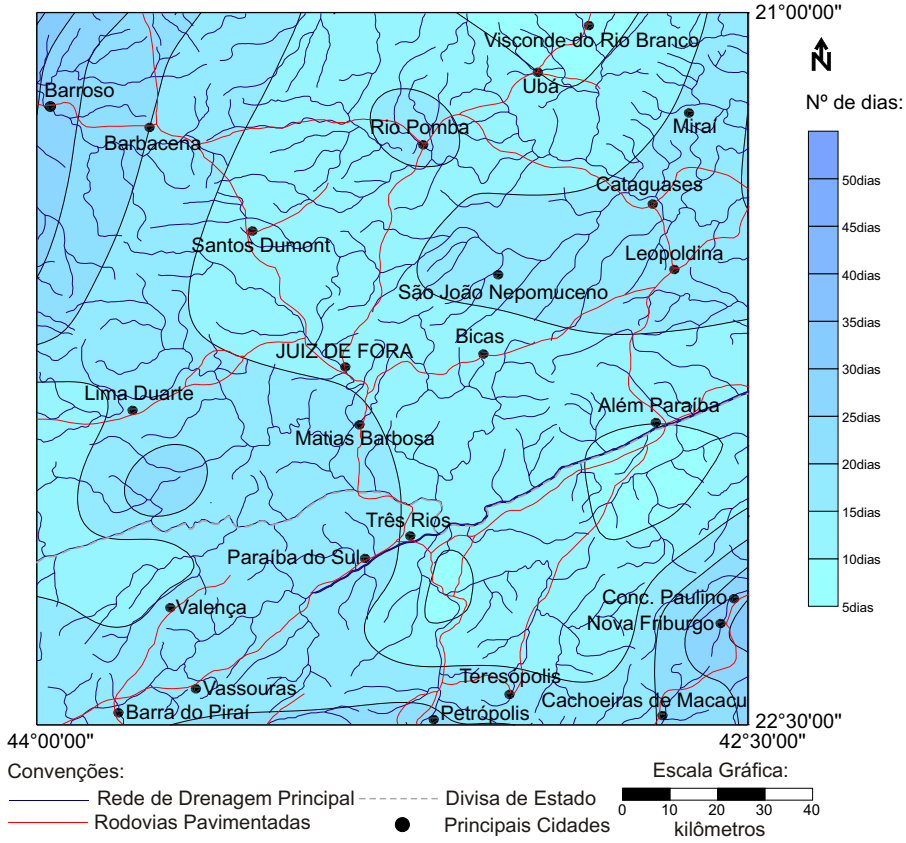
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 36 - Número Médio Anual de Dias Chuvosos na Região de Estudo (1982 - 1995)



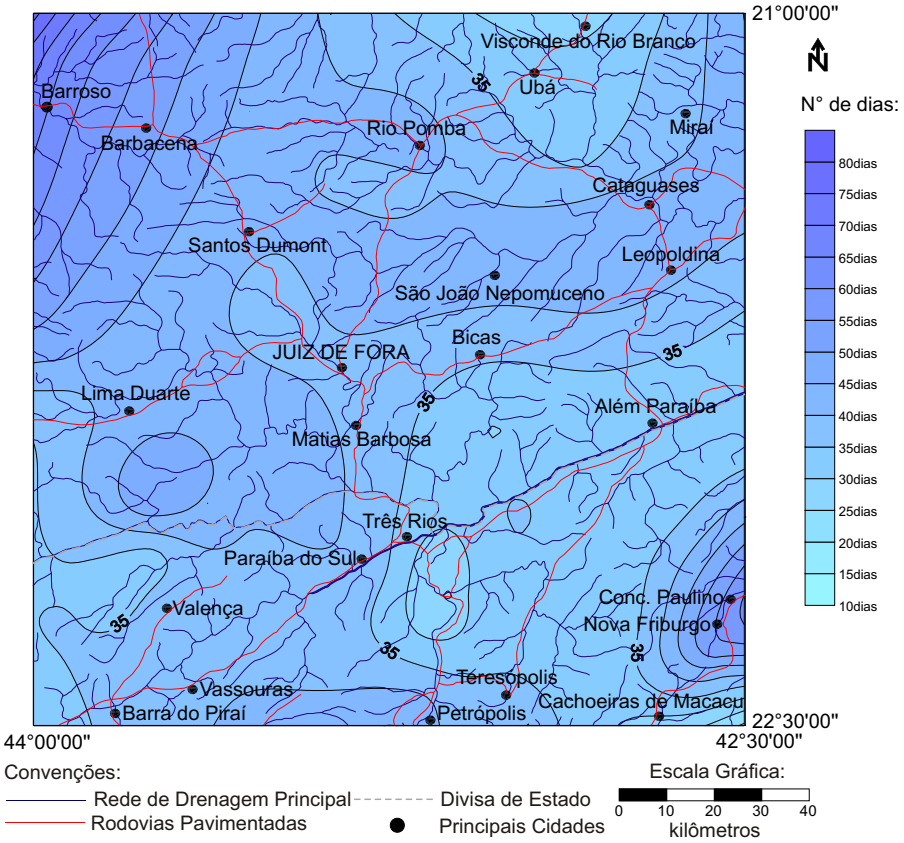
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 39 - Número Médio de Dias Chuvosos no Outono na Região de Estudo (1982 - 1995)



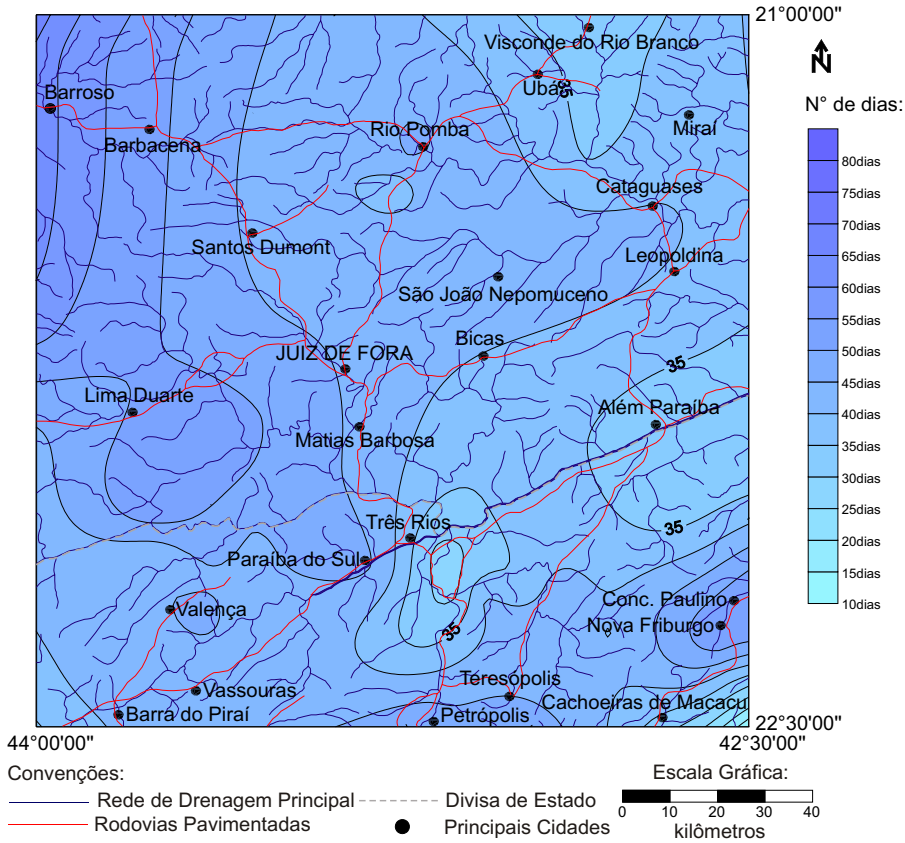
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 40 - Número Médio de Dias Chuvosos no Inverno na Região de Estudo (1982 - 1995)



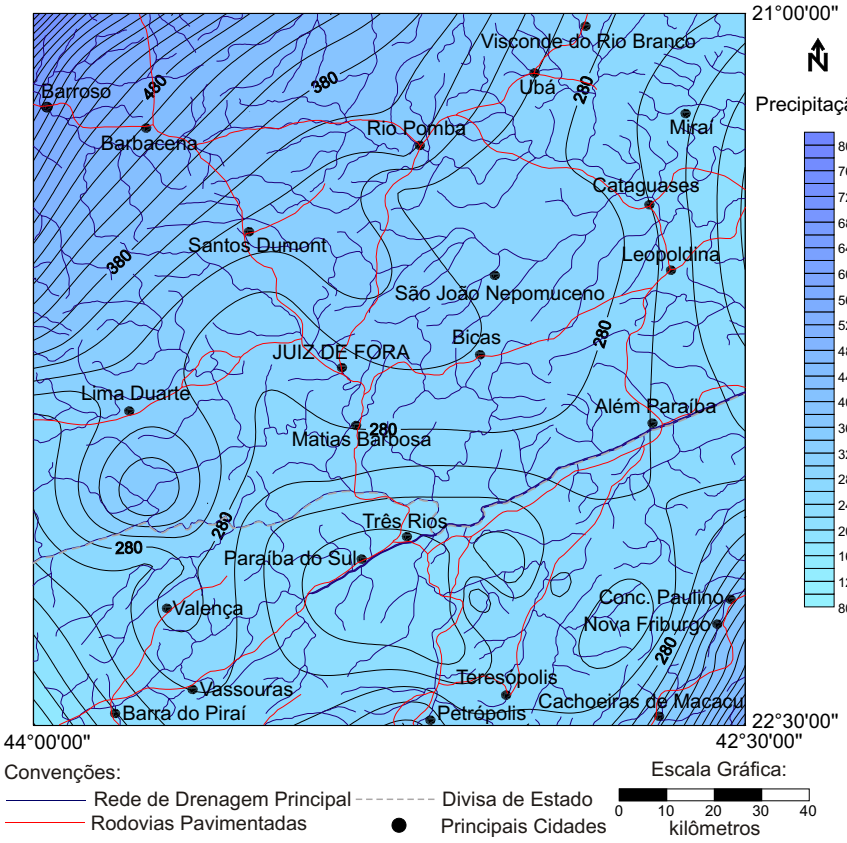
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 37 - Número Médio de Dias Chuvosos na Primavera na Região de Estudo (1982 - 1995)



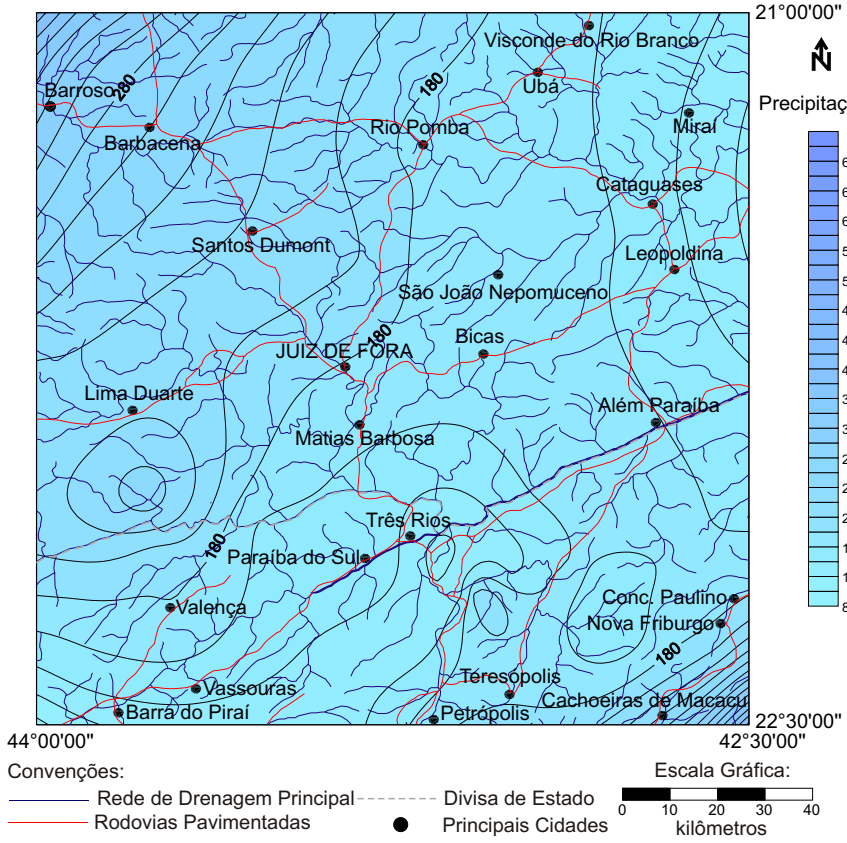
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 38 - Número Médio de Dias Chuvosos no Verão na Região de Estudo (1982 - 1995)



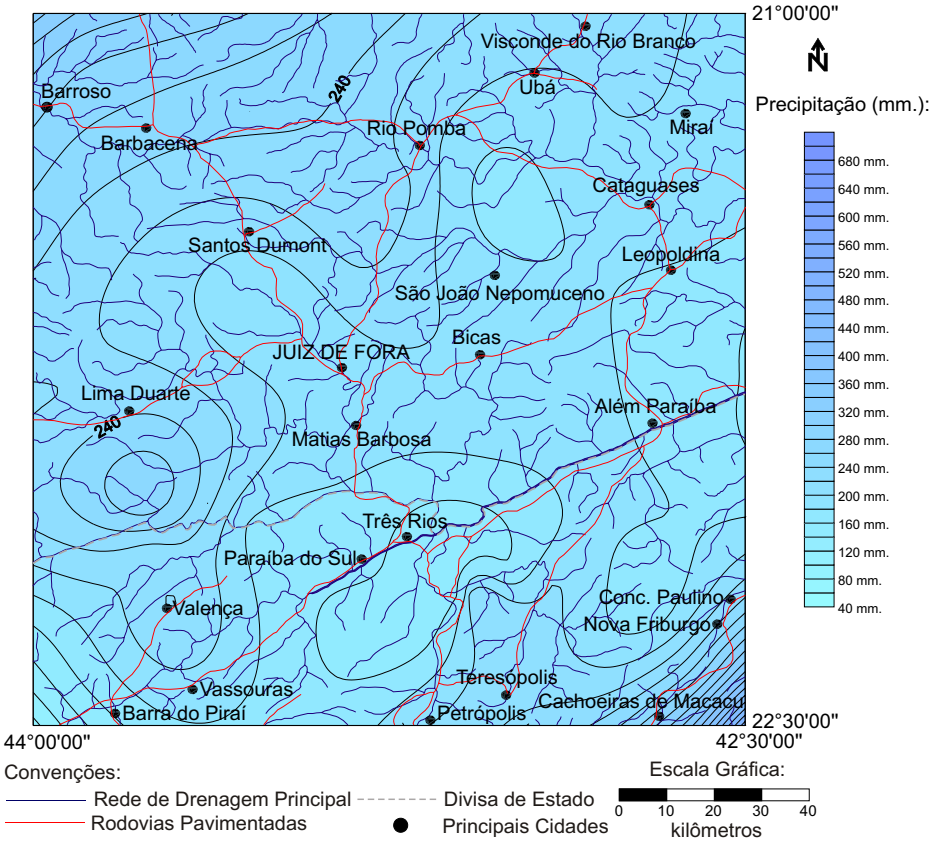
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 24 - Precipitação Média de Janeiro na Região de Estudo (1982 - 1995)



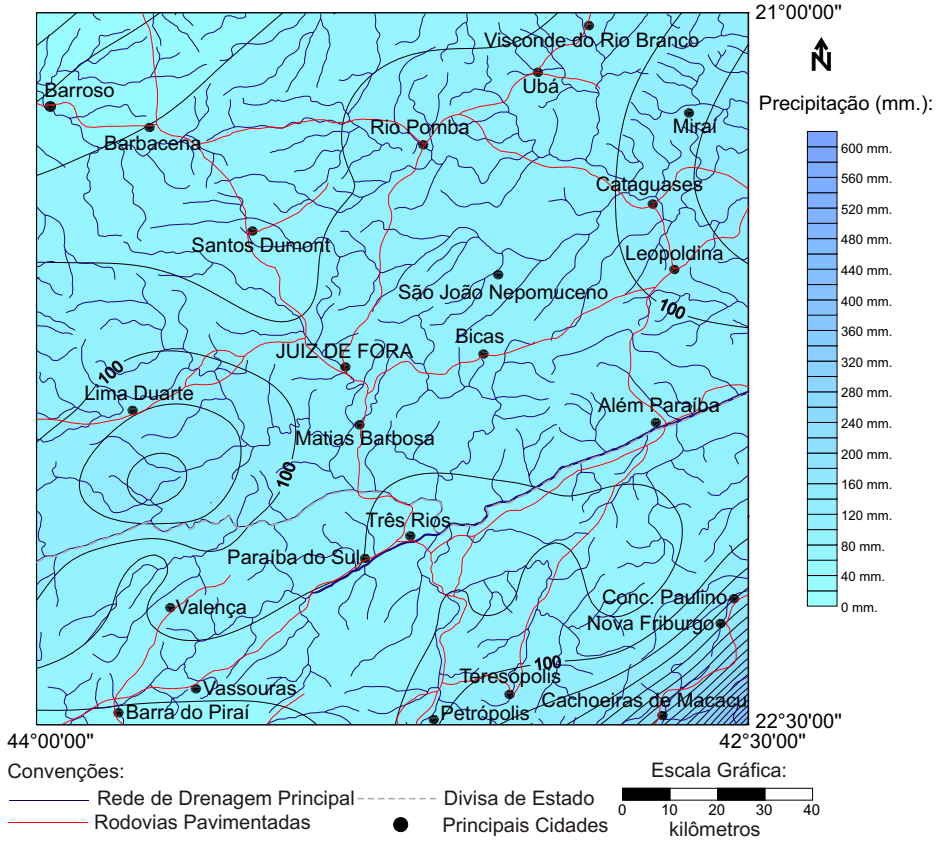
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 25 - Precipitação Média de Fevereiro na Região de Estudo (1982 - 1995)



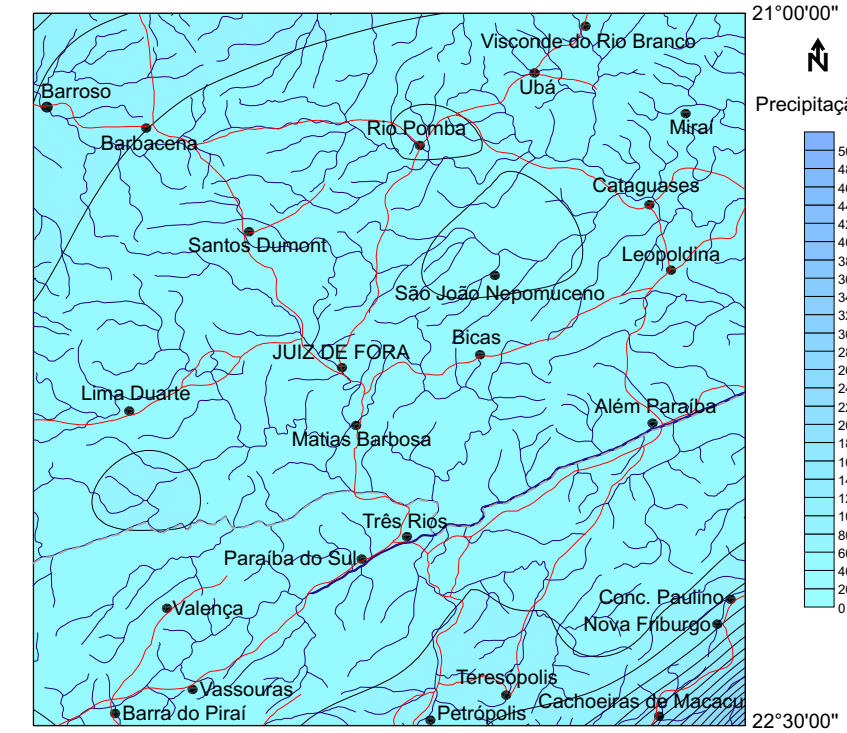
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 26 - Precipitação Média de Março na Região de Estudo (1982 - 1995)



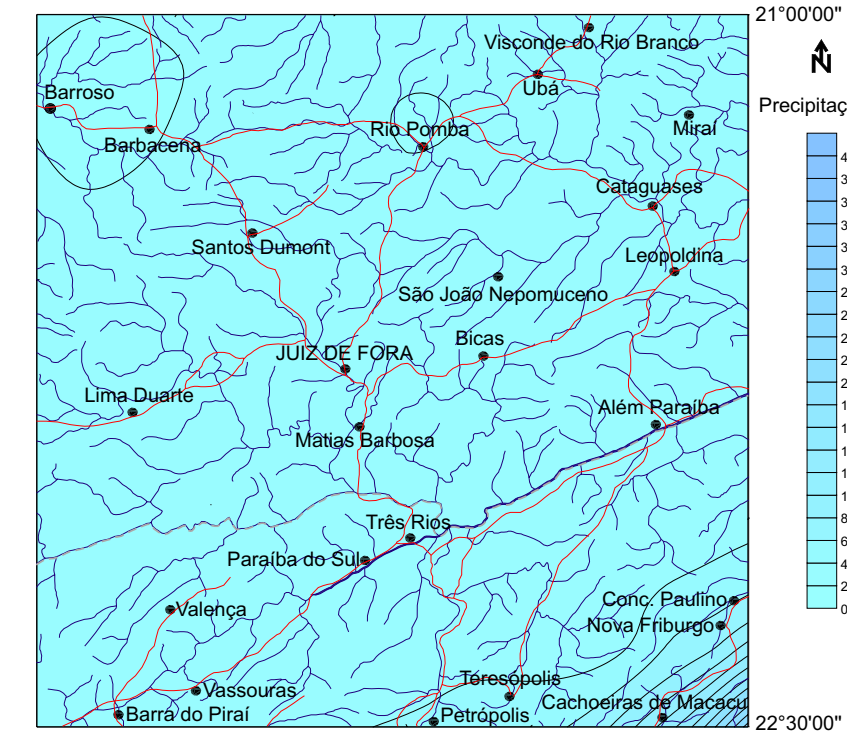
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 27 - Precipitação Média de Abril na Região de Estudo (1982 - 1995)



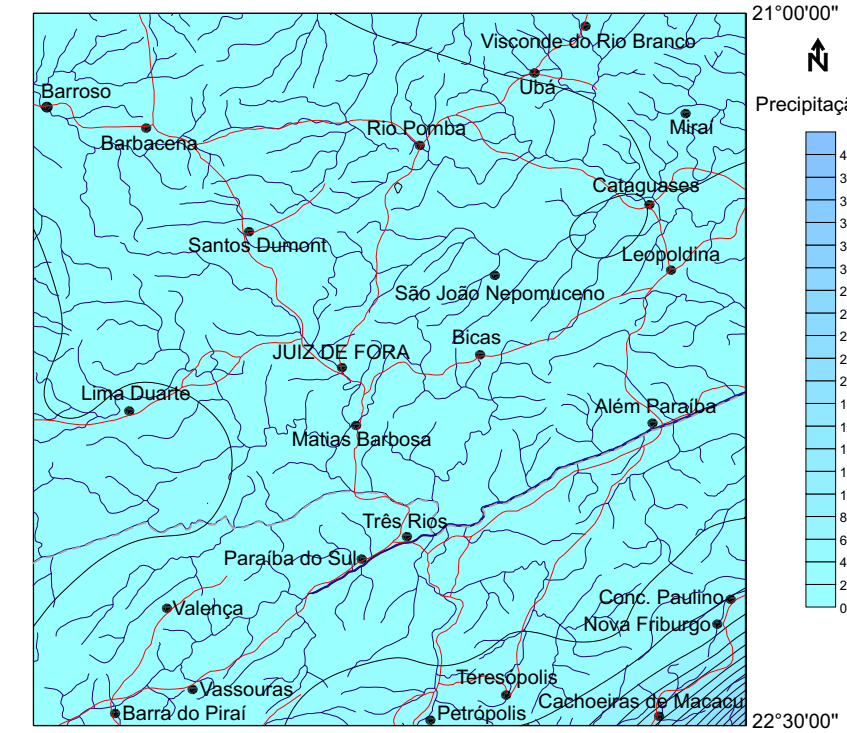
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 28 - Precipitação Média de Maio na Região de Estudo (1982 - 1995)



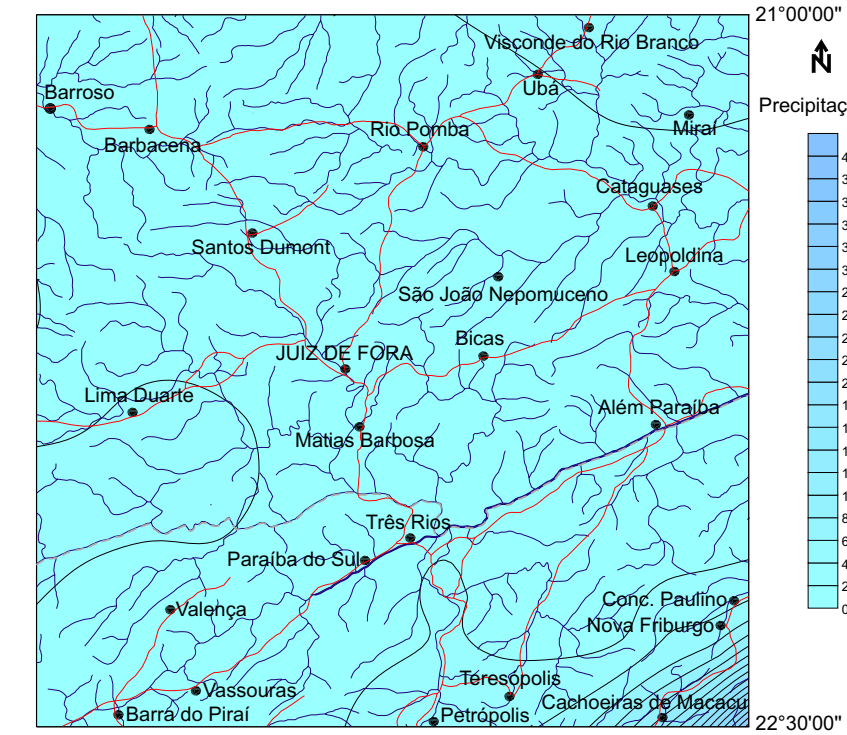
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 29 - Precipitação Média de Junho na Região de Estudo (1982 - 1995)



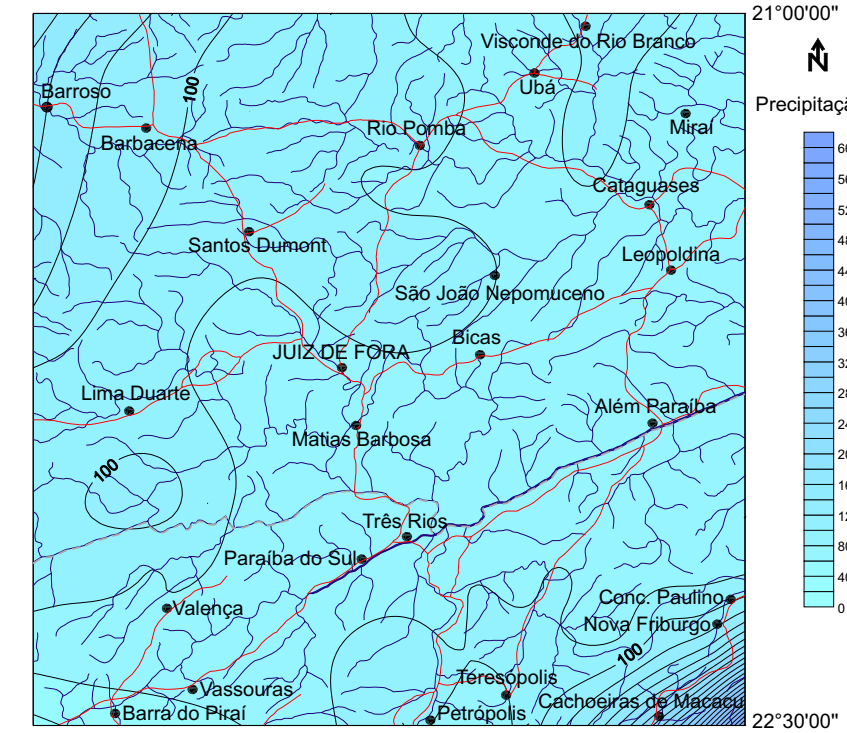
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 30 - Precipitação Média de Julho na Região de Estudo (1982 - 1995)



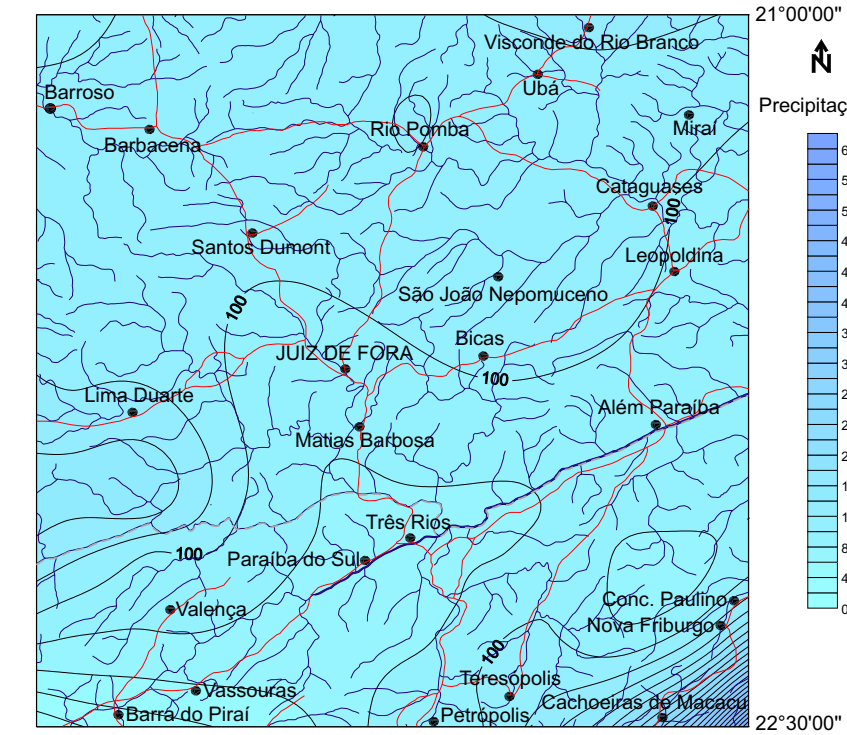
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 31 - Precipitação Média de Agosto na Região de Estudo (1982 - 1995)



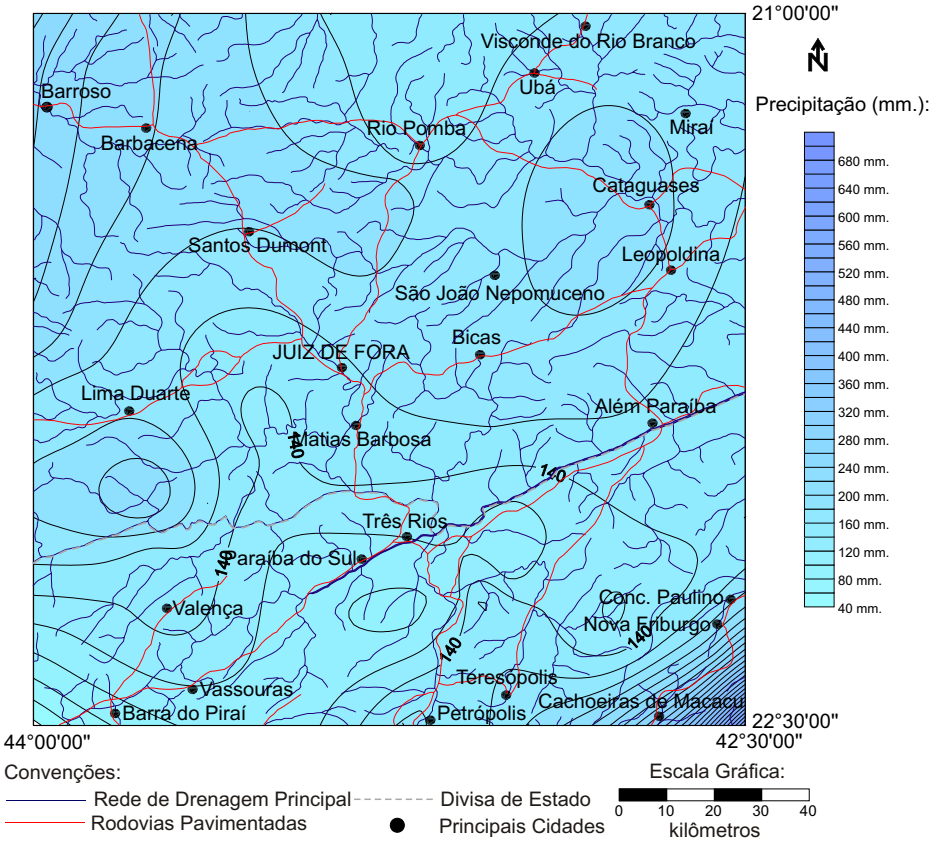
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 32 - Precipitação Média de Setembro na Região de Estudo (1982 - 1995)



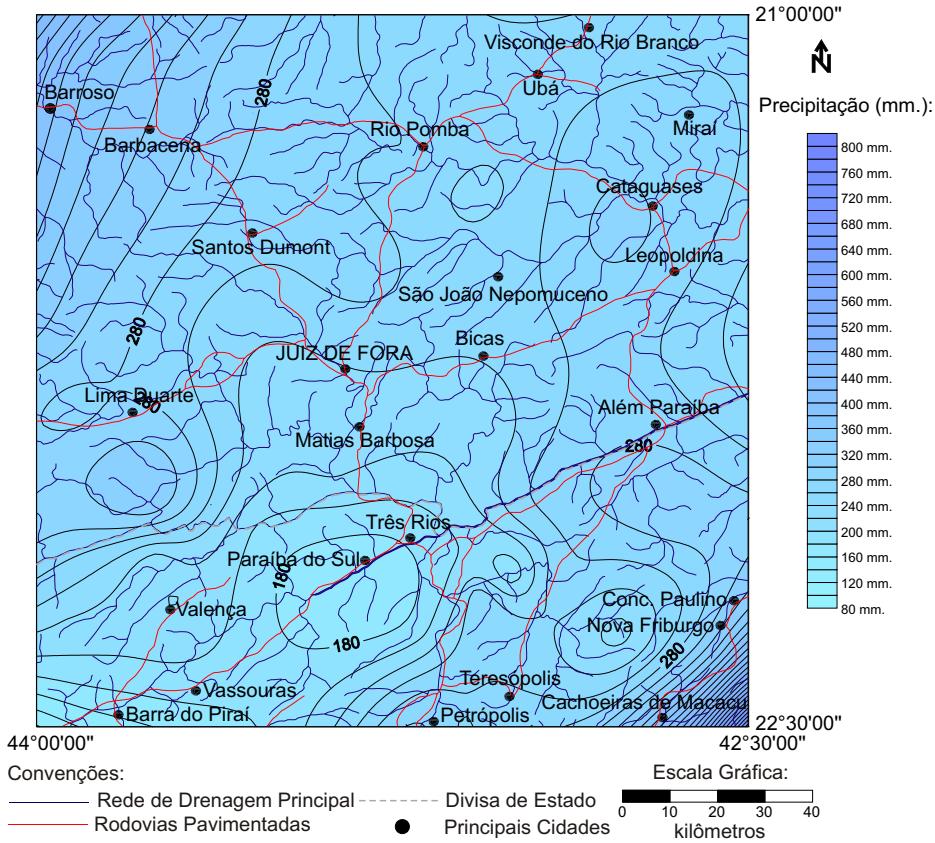
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 33 - Precipitação Média de Outubro na Região de Estudo (1982 - 1995)



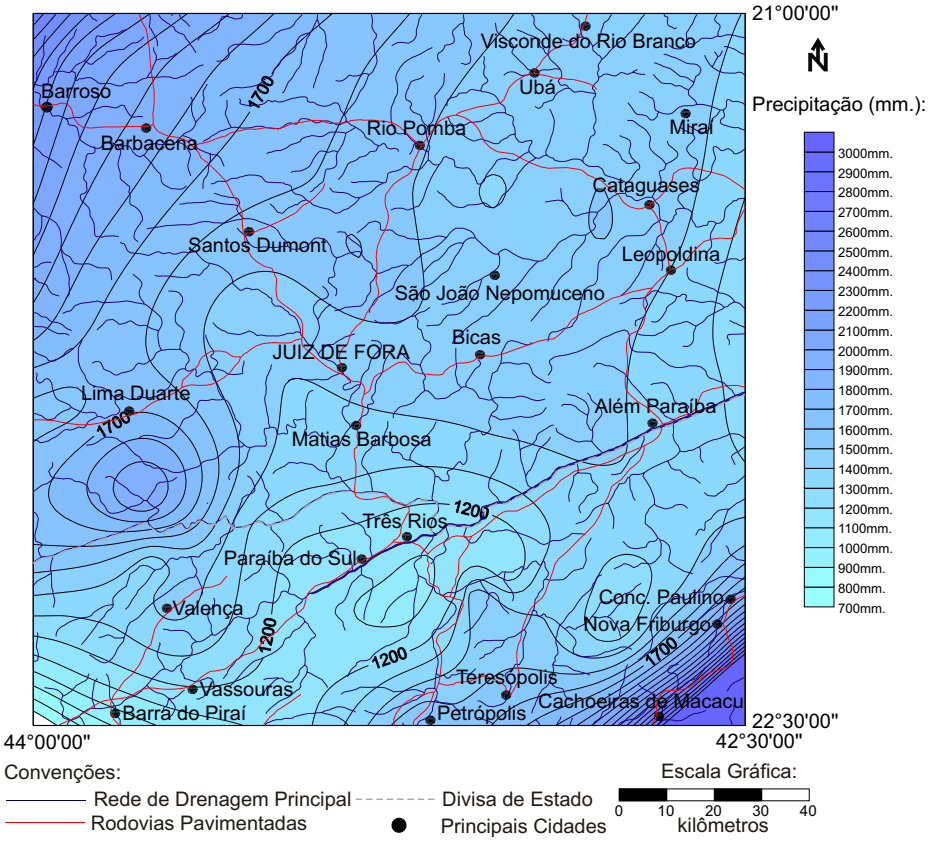
Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 34 - Precipitação Média de Novembro na Região de Estudo (1982 - 1995)



Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 35 - Precipitação Média de Dezembro na Região de Estudo (1982 - 1995)



Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 14 - Precipitação Média Anual na Região de Estudo (1982 - 1995)

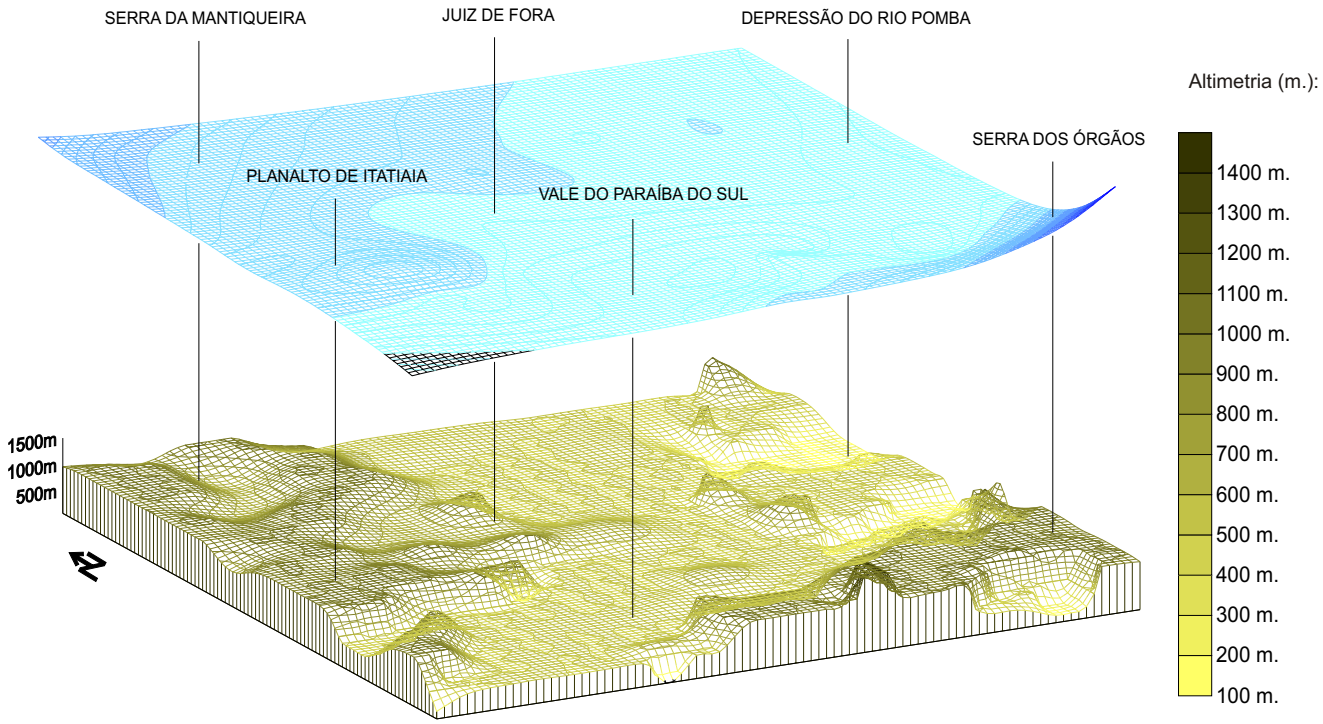
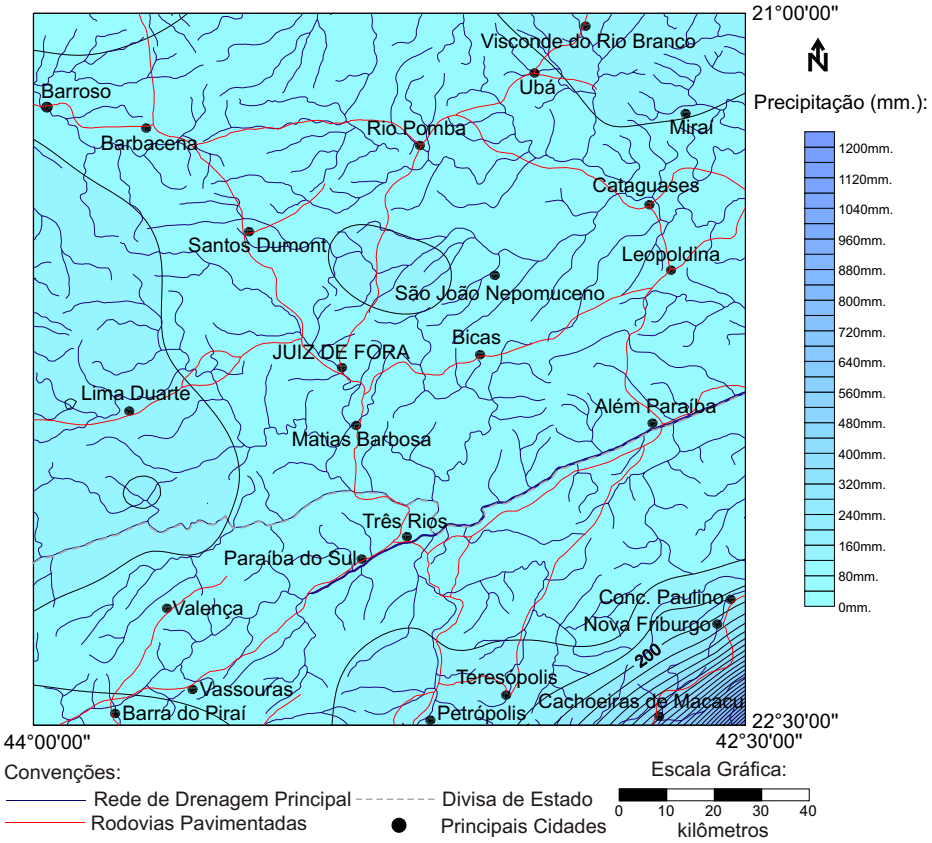


Figura 15 - Precipitação Média Anual (1982 - 1995) e Topografia da Região de Estudo.



Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 22 - Precipitação Média de Inverno na Região de Estudo (1982 - 1995)

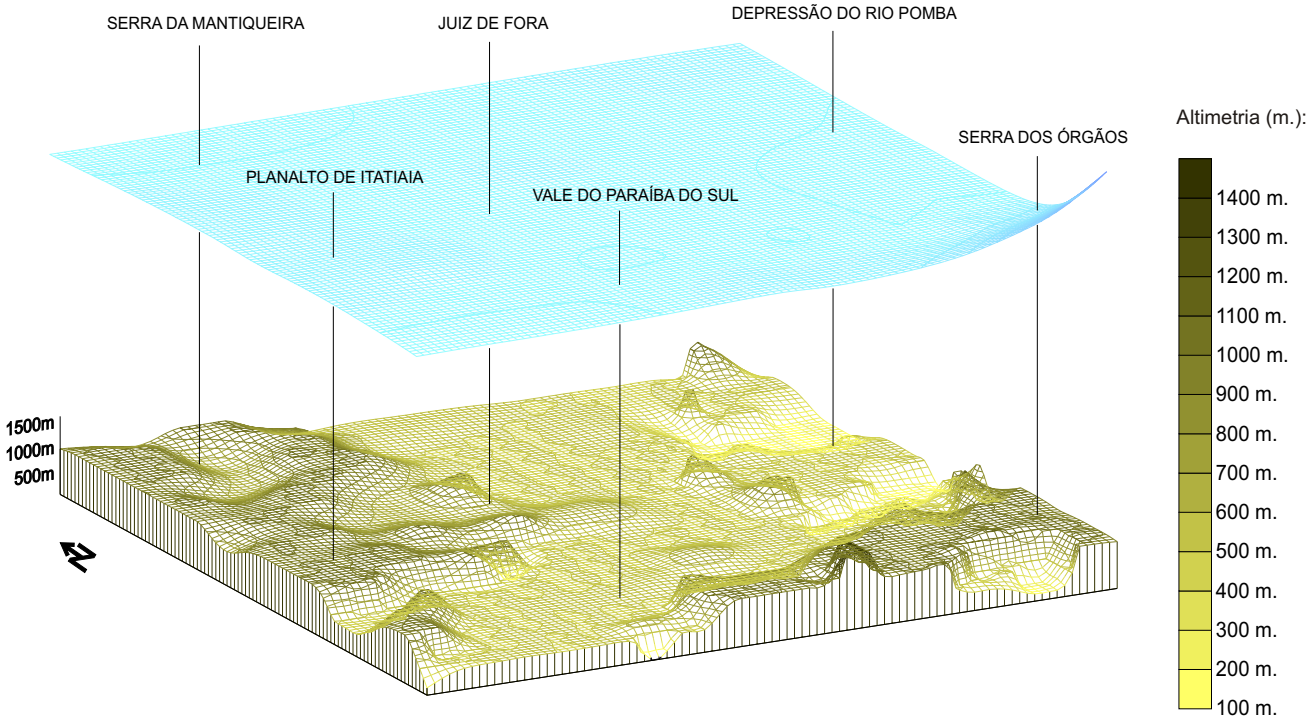
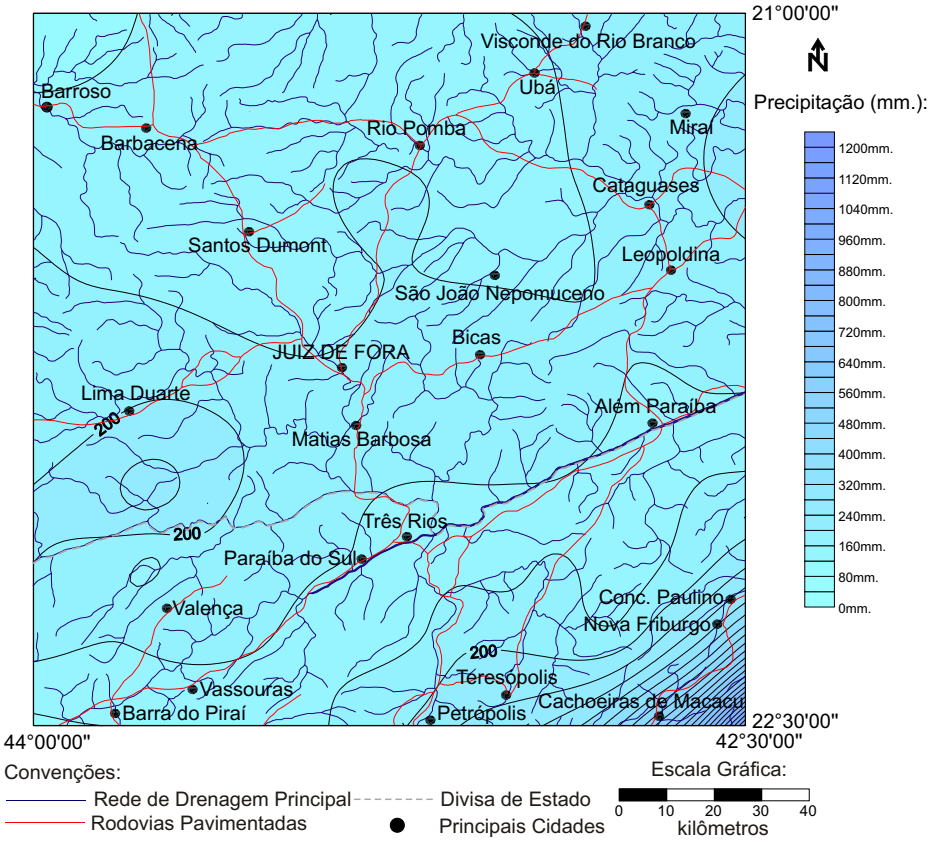


Figura 23 - Precipitação Média de Inverno (1982 - 1995) e Topografia da Região de Estudo.



Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 20 - Precipitação Média de Outono na Região de Estudo (1982 - 1995)

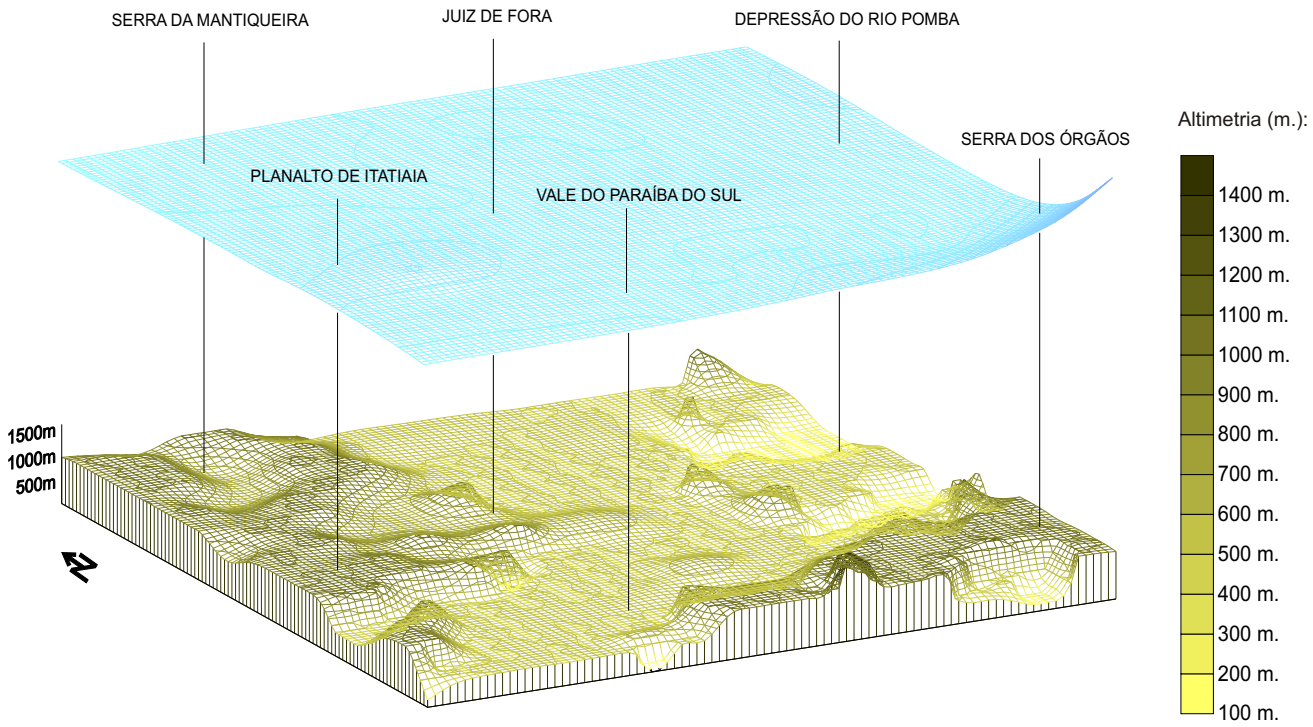
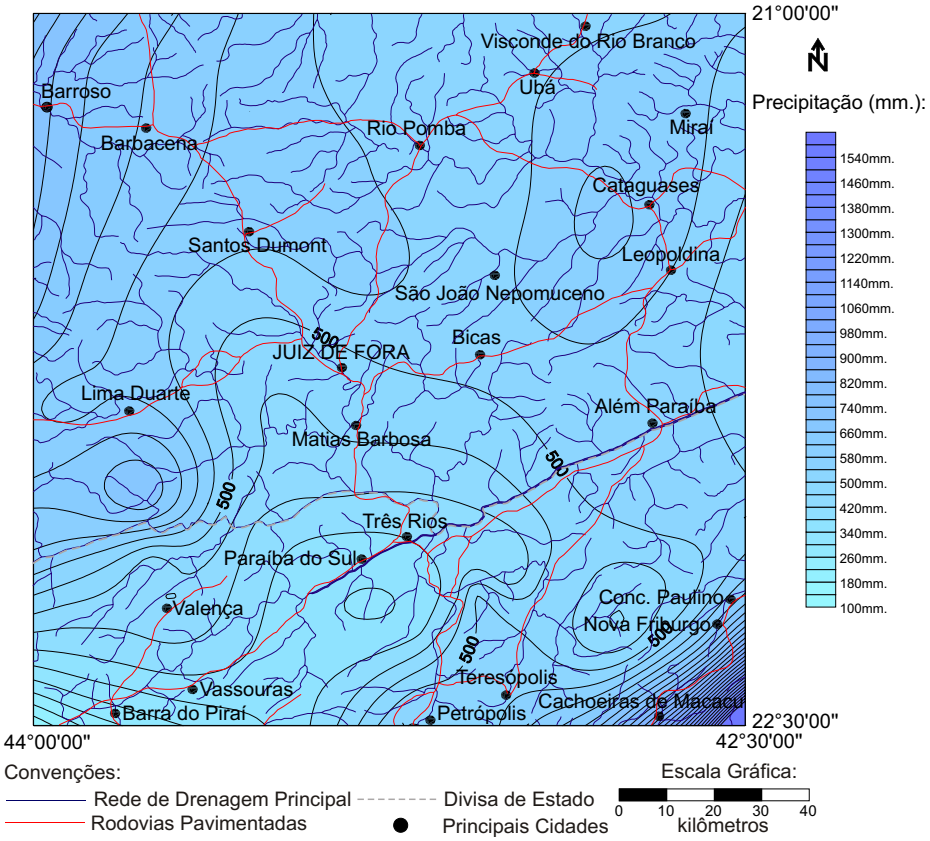


Figura 21 - Precipitação Média de Outono (1982 - 1995) e Topografia da Região de Estudo.



Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 16 - Precipitação Média de Primavera na Região de Estudo (1982 - 1995)

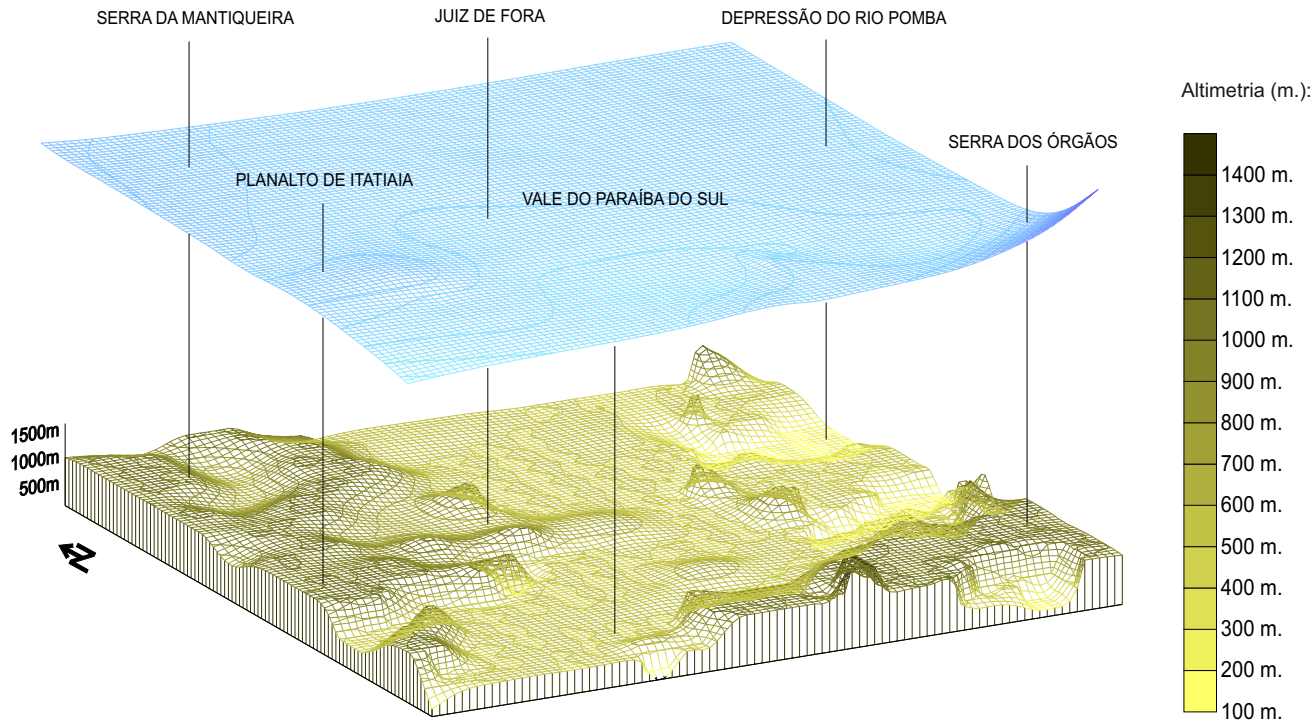
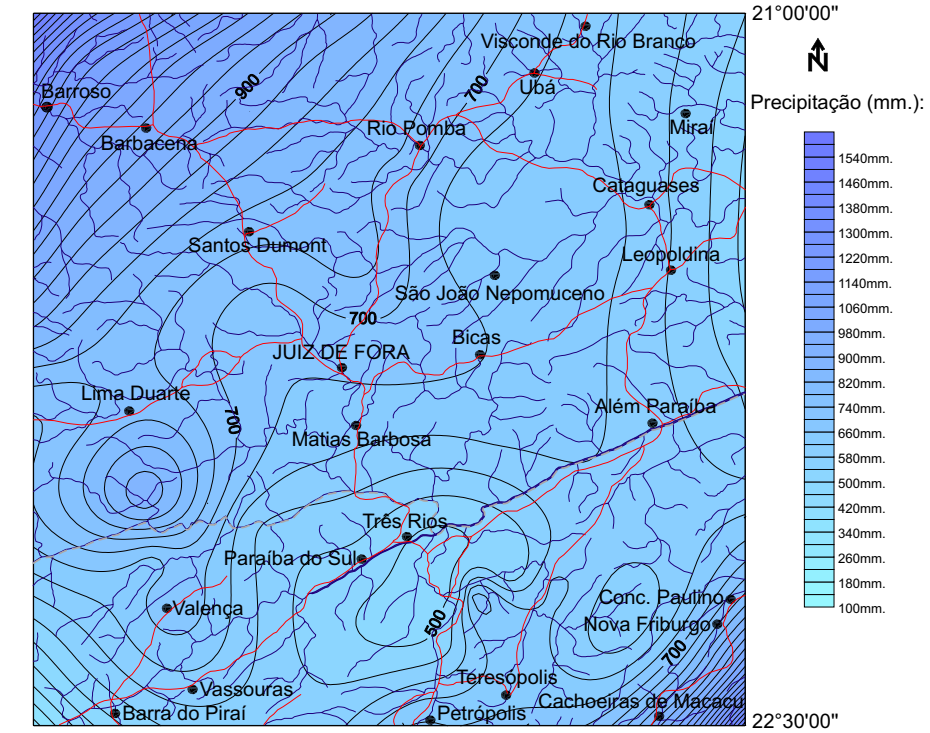


Figura 17 - Precipitação Média de Primavera (1982 - 1995) e Topografia da Região de Estudo.



Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 18 - Precipitação Média de Verão na Região de Estudo (1982 - 1995)

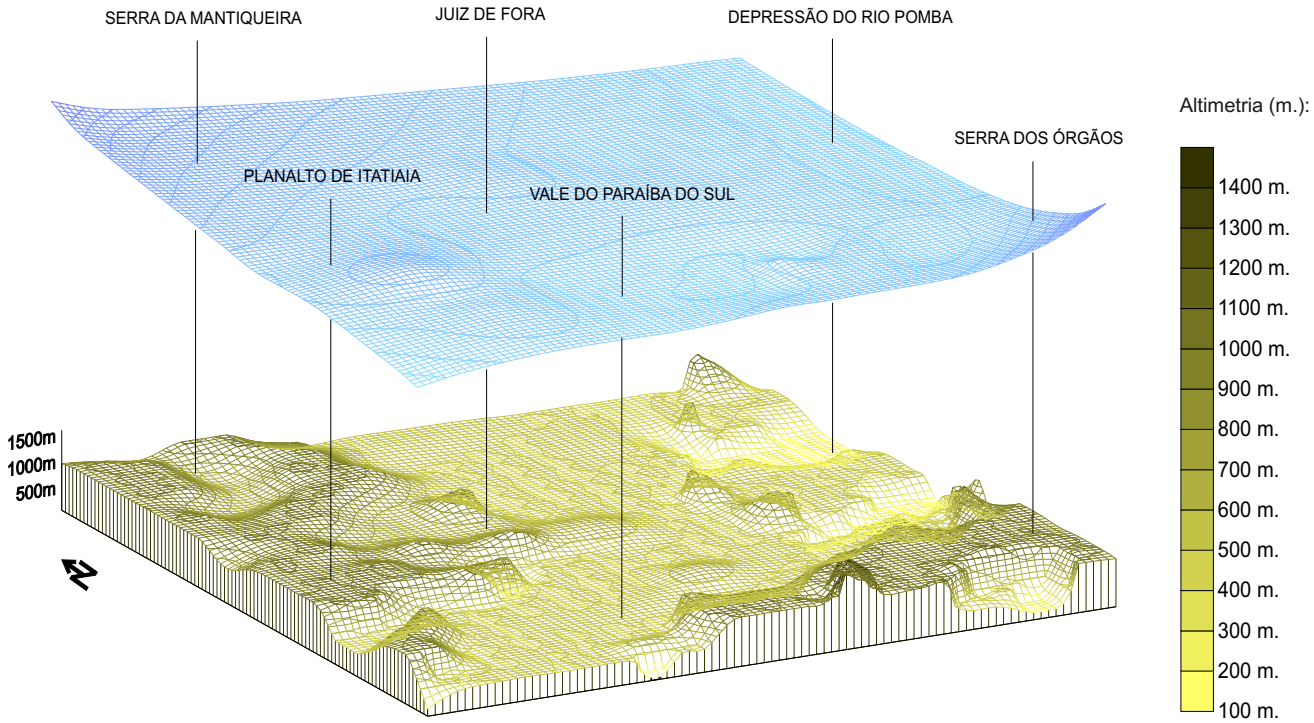
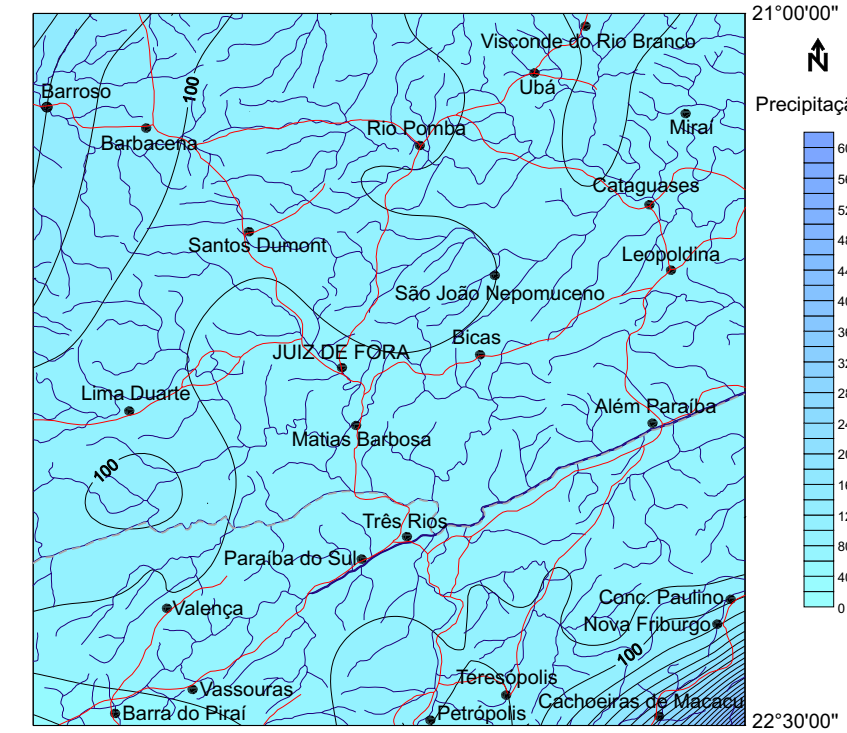
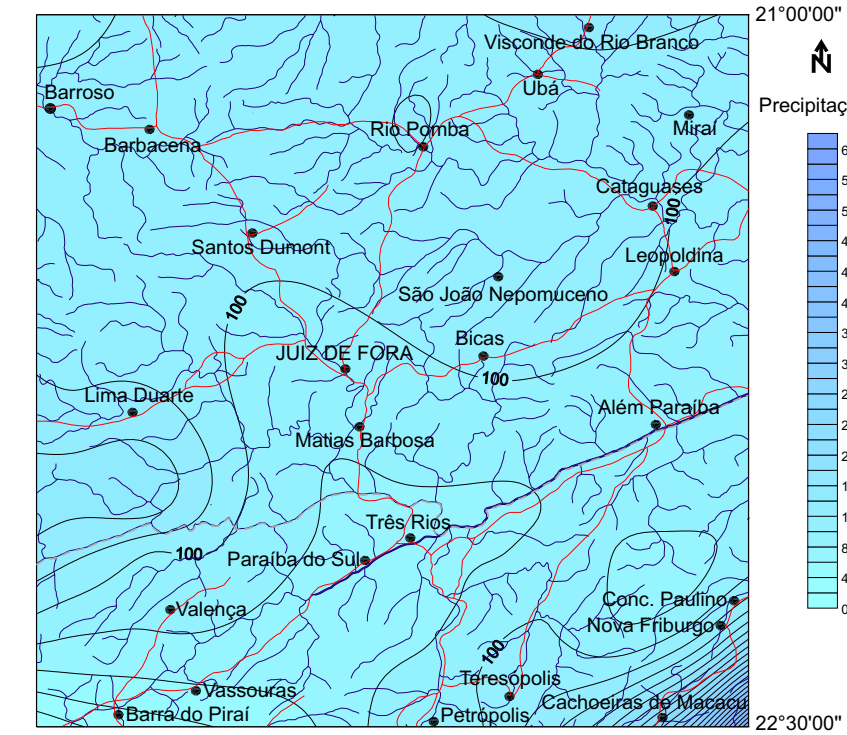


Figura 19 - Precipitação Média de Verão (1982 - 1995) e Topografia da Região de Estudo.



Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 32 - Precipitação Média de Setembro na Região de Estudo (1982 - 1995)



Fonte: Hidrodata/Aneel (2000) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 33 - Precipitação Média de Outubro na Região de Estudo (1982 - 1995)

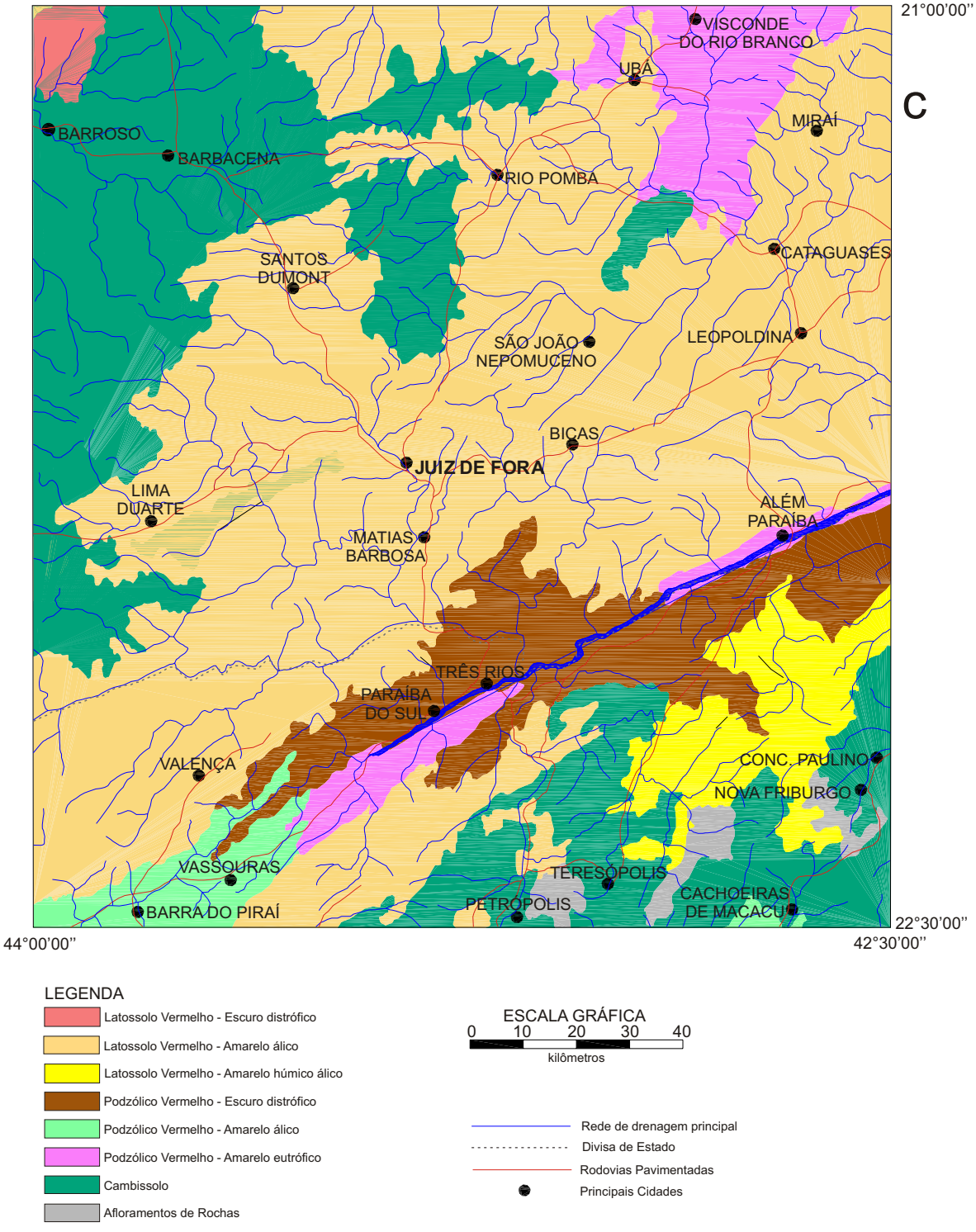
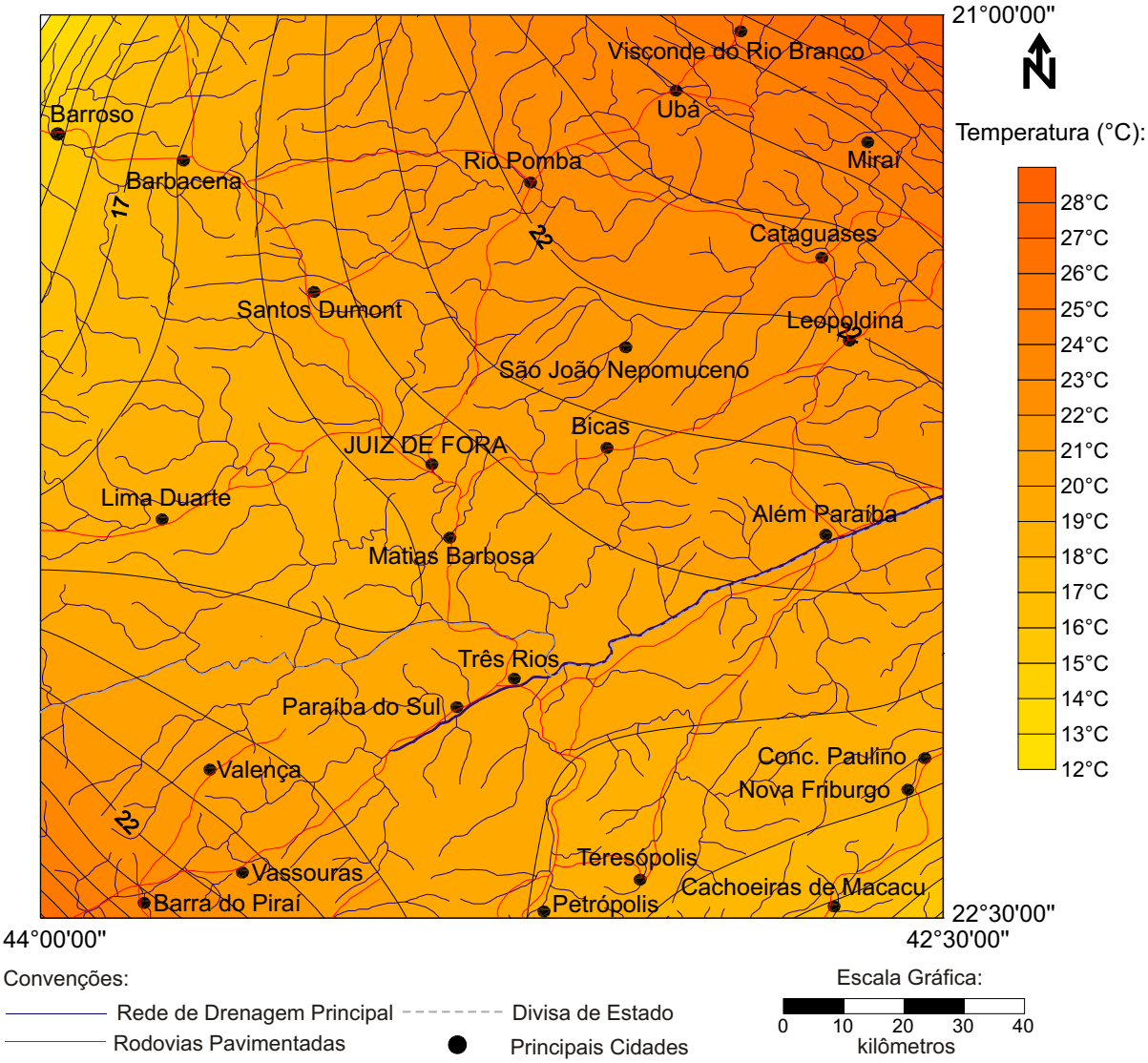


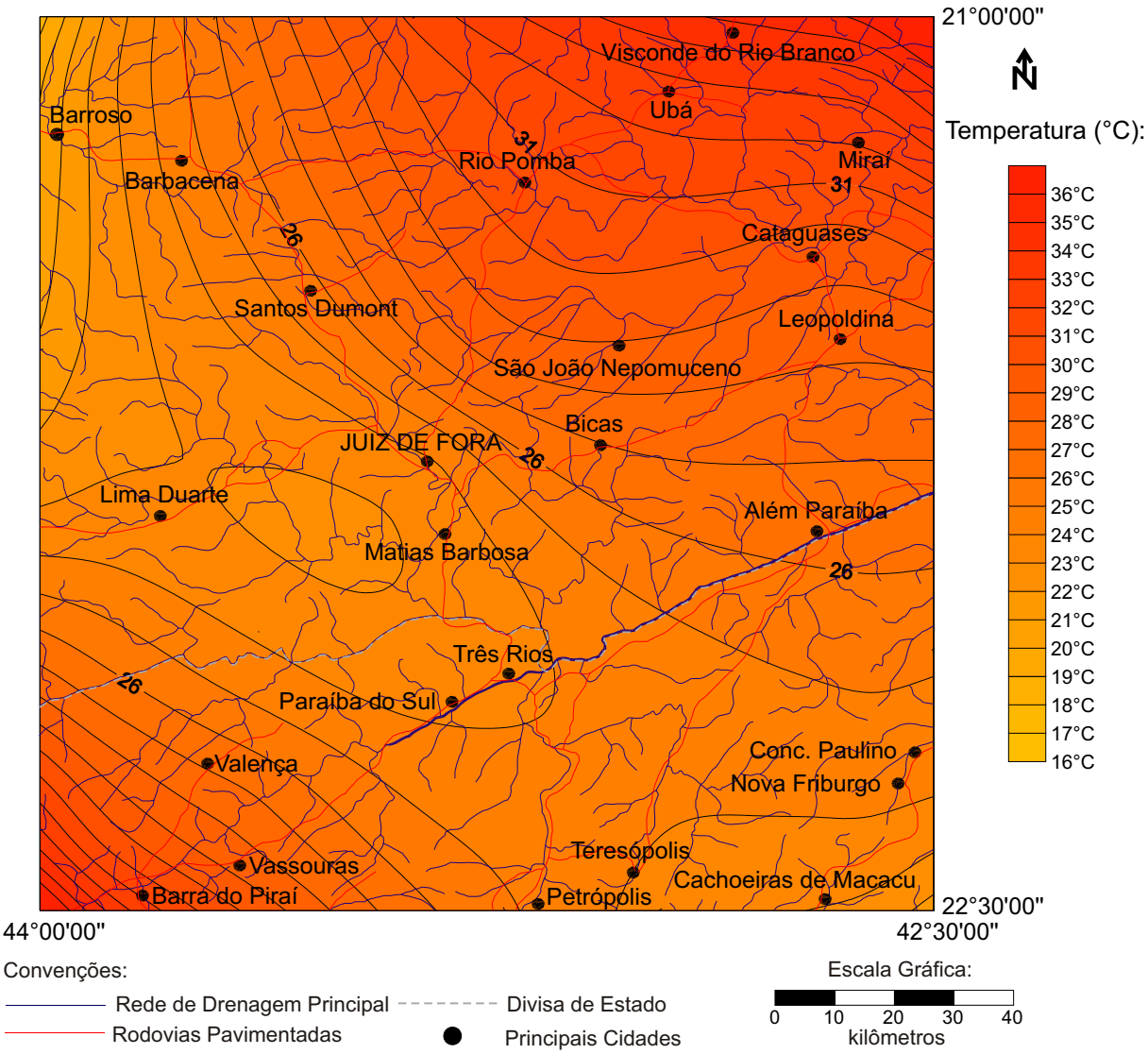
Figura 06: Principais Classes de Solos da Região de Estudo

Fonte: Mapa Exploratório de Solos - RADAMBRASIL, 1983.
Escala 1:1.000.000. Digitalização: Lucas B. Souza / janeiro 2001



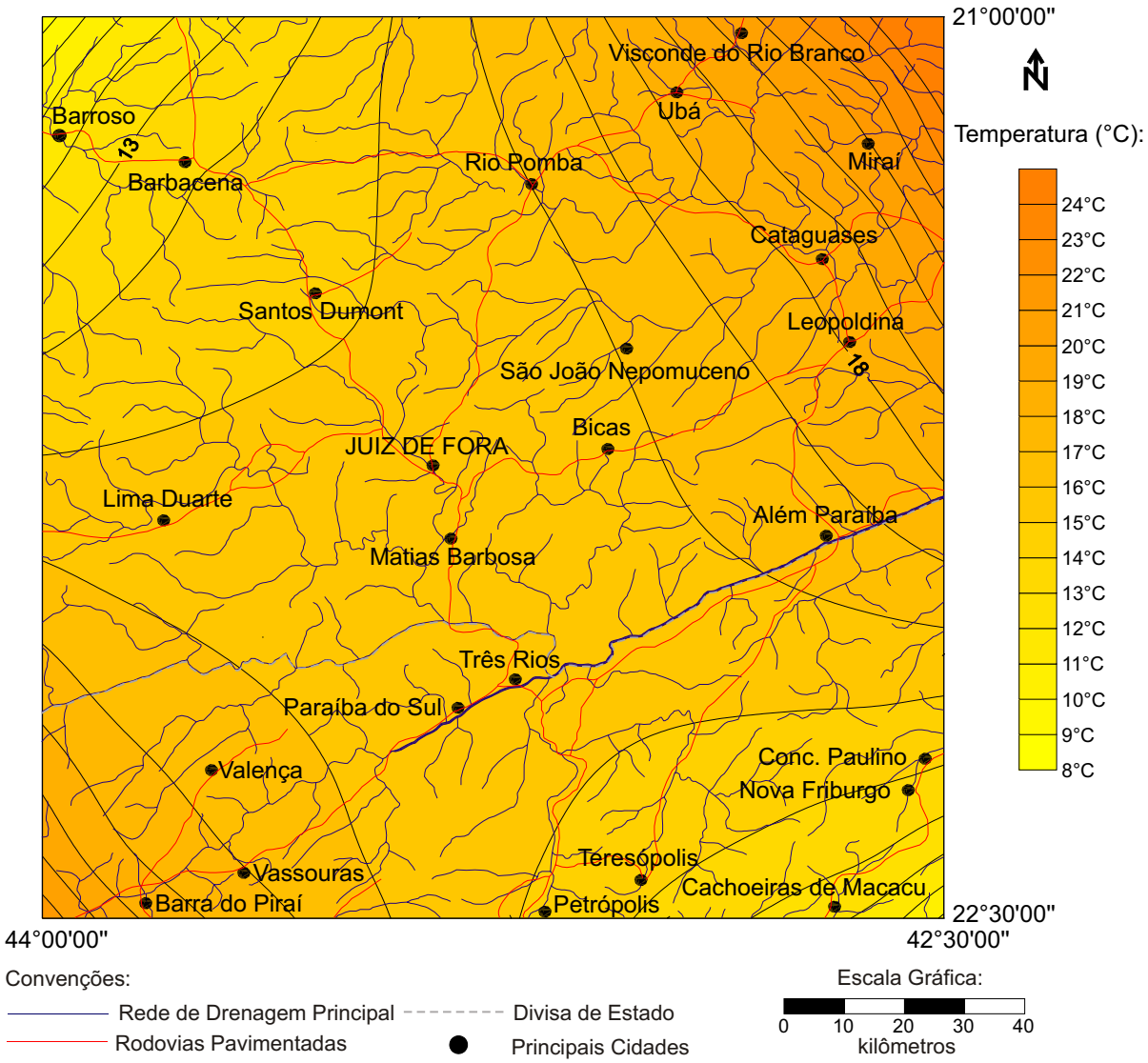
Fonte: Normais Climatológicas/INMET (1961/1990) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 11 - Temperatura Média Anual na Região de Estudo (1961 - 1990)



Fonte: Normais Climatológicas (1961/1990) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

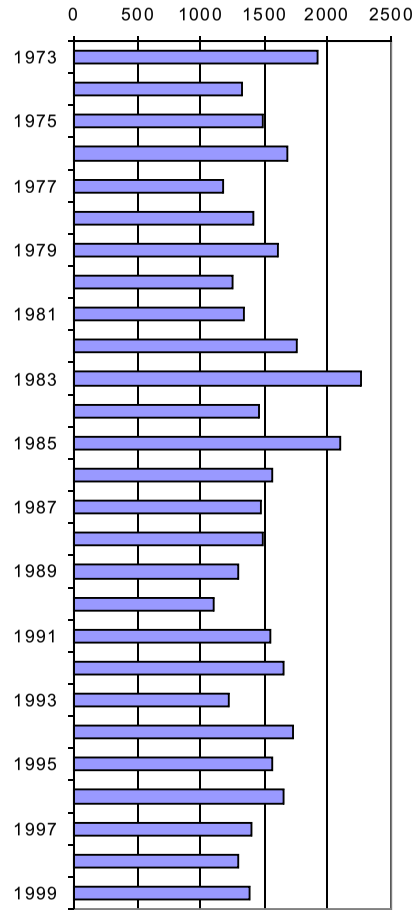
Figura 13 - Temperatura Máxima Média Anual na Região de Estudo (1961 - 1990)



Fonte: Normais Climatológicas/INMET (1961/1990) Organização e Desenho: Lucas Barbosa e Souza (2001)

Figura 12 - Temperatura Mínima Média Anual na Região de Estudo (1961 - 1990)

Ano	Meses												Padrão
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1973	C						S						Chuvoso
1974			C				S						Habitual à seco
1975	C							S					Habitual
1976		C				S							Habitual à chuvoso
1977		S									C		Seco
1978						S						C	Habitual à seco
1979		C				S							Habitual
1980	C						S						Habitual à seco
1981							S				C		Habitual à seco
1982					S							C	Habitual
1983								S				C	Chuvoso
1984						S						C	Habitual
1985	C						S						Chuvoso
1986						S						C	Habitual
1987								S				C	Habitual
1988		C						S					Habitual
1989		C						S					Habitual à seco
1990						S						C	Seco
1991	C							S					Habitual
1992	C					S							Habitual à chuvoso
1993	C						S						Habitual à seco
1994	C						S						Habitual à chuvoso
1995								S				C	Habitual
1996		C					S						Habitual
1997	C						S						Habitual à seco
1998						S					C		Habitual à seco
1999	C				S								Habitual à seco



LEGENDA:

> 14,0% da precipitação anual
De 10,1% a 14,0% da precipitação anual
De 6,1% a 10% da precipitação anual
De 2,1% a 6,0% da precipitação anual
< 2,0% da precipitação anual

S - Mês mais seco

C - Mês mais chuvoso

Figura 61 - Regime Mensal das Chuvas em Juiz de Fora/MG - 1973 / 1999
(Fonte: ECP - INMET / UFJF. Elaboração: Lucas B. Souza, 2001)

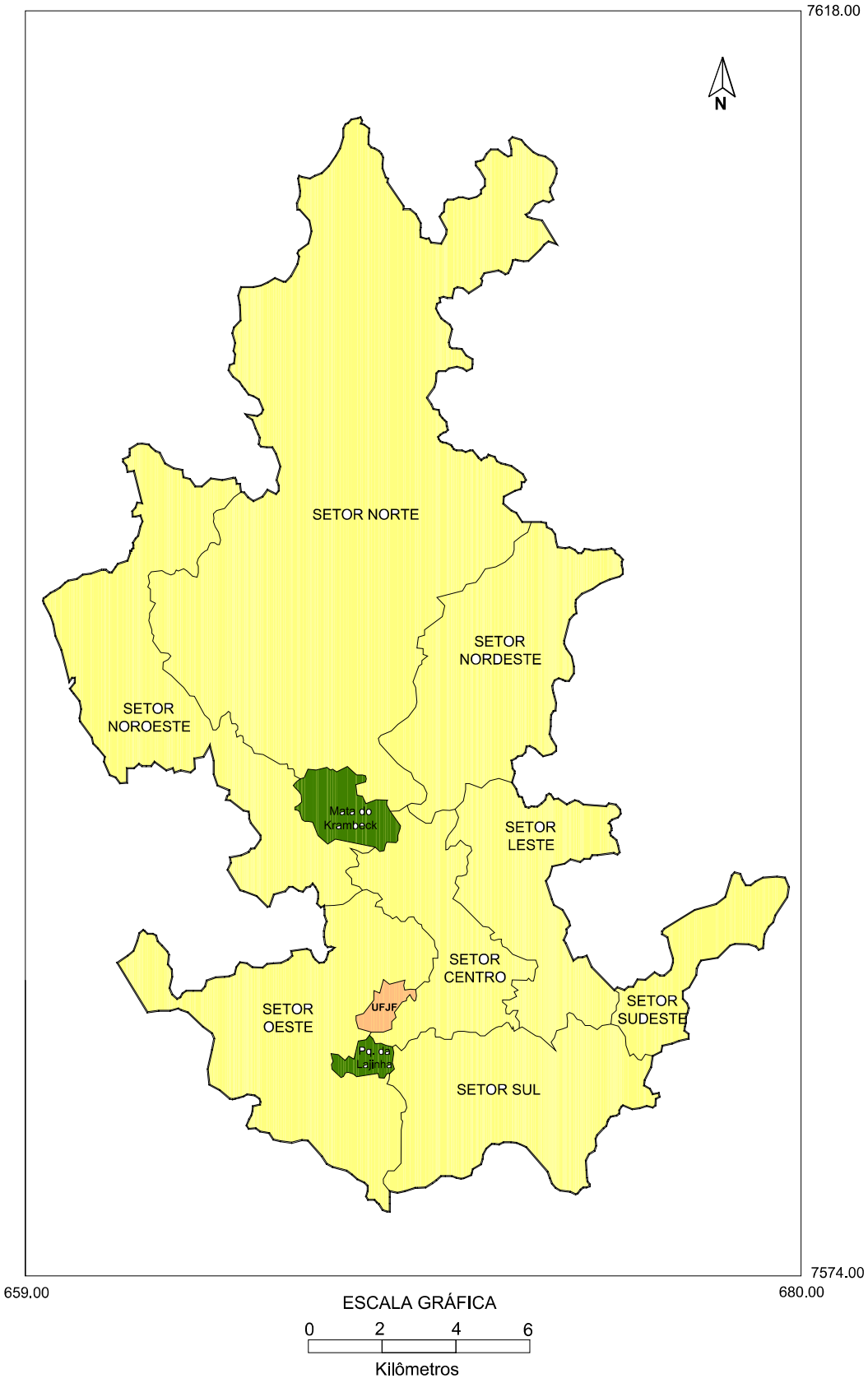


Figura 46 - Área Urbana do Município de Juiz de Fora / MG e Setores de Planejamento
(Fonte: PJF, 1996. Elaboração: Lucas B. Souza, 2000)

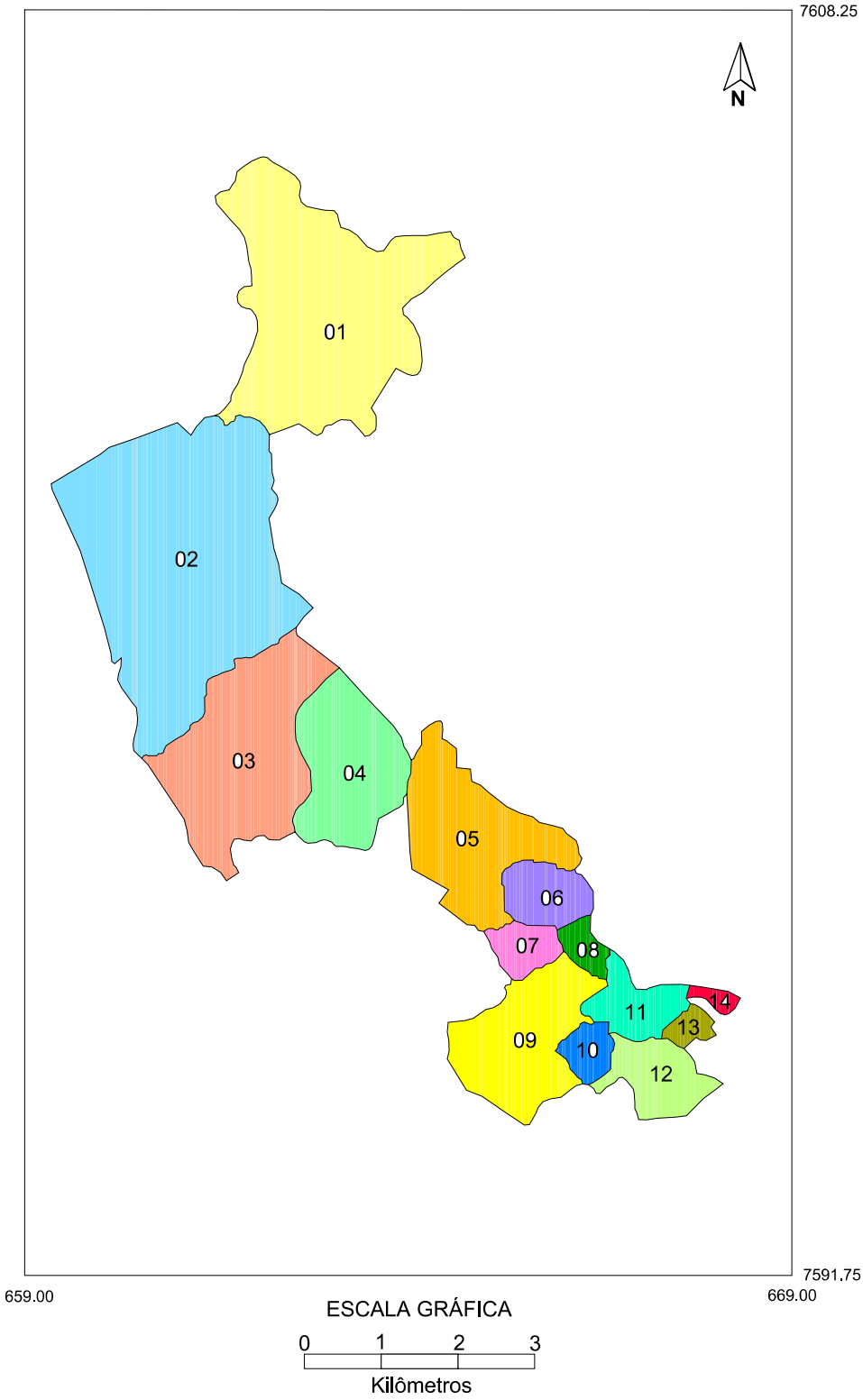


Figura 47 - Setor Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora / MG - Regiões Urbanas
(Fonte: PJF, 1996. Elaboração: Lucas B. Souza, 2000)

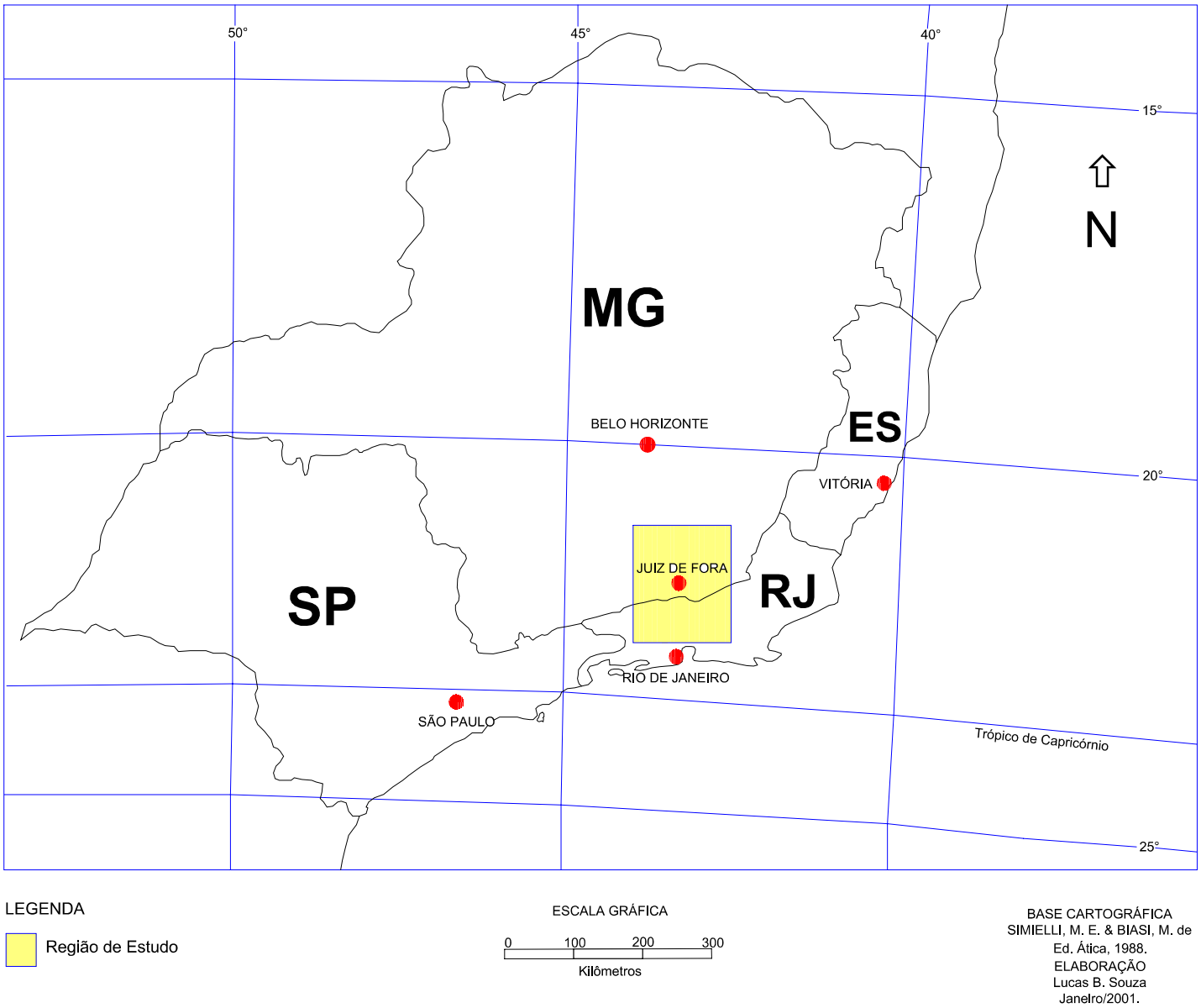


Figura 04: Localização da Região de Estudo no Sudeste Brasileiro.