

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

ANA

Elaboração de Estudos para Concepção de um Sistema de Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul e de um Sistema de Intervenções Estruturais para Mitigação dos Efeitos de Cheias nas Bacias dos Rios Muriaé e Pomba e Investigações de Campo Correlatas

R31

PAPEL DOS AFLUENTES NAS CHEIAS E PONTOS CRÍTICOS PARA O SIEMEC

ENGECORPS – CORPO DE ENGENHEIROS CONSULTORES S.A.

1069-ANA-RPS-RT-016

Revisão 0

Dezembro/2011

Agência Nacional de Águas – ANA
Setor Policial, Área 5, Quadra 3, Blocos B, L e M
CEP: 70610-200, Brasília - DF
PABX: 2109-5400 / 2109-5252
Endereço eletrônico: <http://www.ana.gov.br>

Equipe:
Coordenação:
Agência Nacional de Águas – ANA

Superintendência de Usos Múltiplos e Eventos Críticos – SUM
Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos – SPR

Elaboração e execução:
ENGENCORPS – CORPO DE ENGENHEIROS CONSULTORES S.A.

Todos os direitos reservados
É permitida a reprodução de dados e de informações, desde que citada a fonte.

Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul, R31 – Papel dos Afluentes nas Cheias e Pontos Críticos para o SIEMEC.

Engecorps - Brasília: ANA, SUM/SPR, 2011.
51p.

1. Recursos hídricos 2. Produção de Água I. Agência Nacional de Águas (Brasil). II. Superintendência de Usos Múltiplos e Eventos Críticos – SUM; Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos - SPR. III. Engecorps

ÍNDICE

	PÁG.
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO RELATÓRIO.....	1
1.2 ESTRUTURAÇÃO DO RELATÓRIO	2
2. INFORMAÇÕES BÁSICAS.....	2
3. PAPEL DOS AFLUENTES NAS CHEIAS DOS RIOS POMBA E MURIAÉ.....	6
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	6
3.2 TOPOLOGIA DA REDE HIDROGRÁFICA.....	7
3.2.1 <i>Bacia do Rio Pomba</i>	7
3.2.2 <i>Bacia do Rio Muriaé</i>	9
3.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	12
3.3.1 <i>Bacia do Rio Pomba</i>	13
3.3.2 <i>Bacia do Rio Muriaé</i>	15
3.4 ASPECTOS METEOROLÓGICOS	18
3.5 PARÂMETROS FISIAGRÁFICOS E RESULTADOS DA MODELAGEM HIDROLÓGICA.....	28
3.5.1 <i>Bacia do Rio Pomba</i>	31
3.5.2 <i>Bacia do Rio Muriaé</i>	32
3.6 CONCLUSÕES.....	37
4. IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS NOS RIOS POMBA, MURIAÉ E CARANGOLA	37
5. VISÃO INSTITUCIONAL DO PROBLEMA.....	43
5.1 ESTUDOS DESENVOLVIDOS PELAS MUNICIPALIDADES.....	43
5.1.1 <i>Planos de Desenvolvimento Urbano</i>	43
5.1.2 <i>Planos Setoriais de Saneamento</i>	45
5.1.3 <i>Estudos para Contenção de Cheias</i>	45
5.2 ESTUDOS DESENVOLVIDOS POR OUTRAS ENTIDADES.....	46
5.2.1 <i>Plano Decenal de Expansão de Energia 2019 (PDEE)</i>	46
5.2.2 <i>Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico (SIGEL)</i>	46
5.2.3 <i>Projeto Gestão de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul</i>	50
5.2.4 <i>Análise dos Dados e Estudos Consultados</i>	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E SITES CONSULTADOS.....	52

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO RELATÓRIO

Este relatório constitui um dos produtos do Contrato nº 39/ANA/2010 (Paraíba do Sul), referente à elaboração de “Estudos para Concepção de um Sistema de Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul e de um Sistema de Intervenções Estruturais para Mitigação dos Efeitos de Cheias nas Bacias dos Rios Muriaé e Pomba e Investigações de Campo Correlatas”, adjudicado pela Agência Nacional de Águas – ANA – à ENGECORPS – Corpo de Engenheiros Consultores S.A., com Ordem de Serviço emitida pela ANA em 03 de janeiro de 2011.

Considerando o que determinam os Termos de Referência (TdR) que orientam o desenvolvimento dos estudos e o que foi previsto no Relatório R01 – Detalhamento do Plano de Trabalho –, este relatório apresenta os resultados do desenvolvimento das Atividades 507, 601 e 602 das Etapas 500 e 600, atendendo, portanto, ao escopo da Atividade 603 da Etapa 600 do referido Plano de Trabalho, que cita, textualmente:

Atividade 603 – Elaboração do Relatório sobre o Papel dos Afluentes nas Cheias e Pontos Críticos para o SIEMEC (R31)

“O produto resultante das Atividades 507, 601 e 602 será o Relatório sobre o Papel dos Afluentes nas Cheias e Pontos Críticos para o SIEMEC (R31).”

A Atividade 507 prevê a avaliação de Planos de Desenvolvimento Urbano e Planos Setoriais de Desenvolvimento das cidades a serem beneficiadas pelo SIEMEC, além de intervenções aventadas pelas autoridades locais, de modo a incorporar ao elenco de obras do SIEMEC estudos prévios disponíveis para as bacias dos rios Pomba e Muriaé.

A Atividade 601 tem por foco a determinação dos papéis e a contribuição dos afluentes dos rios Pomba e Muriaé nas cheias que neles têm lugar, envolvendo análise dos estudos hidrológicos e das simulações de cheias nessas bacias, bem como de outros fatores que possibilitem caracterizar a gênese das enchentes nas bacias, com identificação do potencial gerador de vazões de cada sub-bacia.

A Atividade 602 corresponde à pesquisa e identificação de pontos críticos nos rios Muriaé, Pomba e Carangola que, por suas características geomorfológicas, podem exercer influência hidráulica e interferir nos níveis d’água em episódios de cheias, provocando o agravamento da situação nas cidades a serem beneficiadas pelo SIEMEC.

Visando ao atendimento integral do escopo do presente relatório, está ele estruturado conforme descrito no tópico seguinte.

1.2 ESTRUCTURAÇÃO DO RELATÓRIO

O presente relatório R31 está estruturado nos seguintes capítulos, após esta Introdução:

- ✓ Capítulo 2: Informações Básicas, apresentando as características mais relevantes das bacias dos rios Pomba e Muriaé;
- ✓ Capítulo 3: Papel dos Afluentes nas Cheias dos Rios Pomba e Muriaé, descrevendo os fatores responsáveis pela gênese das cheias nessas bacias, bem como os resultados do modelo hidrológico aplicado a elas no âmbito das atividades da Etapa 300 do Plano de Trabalho;
- ✓ Capítulo 4: Identificação de Pontos Críticos nos Rios Pomba, Muriaé e Carangola, que podem exercer influência nos episódios de cheias, com apoio nos resultados da modelagem hidráulica realizada no âmbito das atividades da Etapa 300 do Plano de Trabalho;
- ✓ Capítulo 5: Visão Institucional do Problema, abordando estudos anteriores desenvolvidos para as bacias dos rios Pomba e Muriaé, voltados à prevenção de cheias e ao disciplinamento do uso do solo nas cidades beneficiadas pelo SIEMEC; e
- ✓ Capítulo 6: Referências Bibliográficas.

2. INFORMAÇÕES BÁSICAS

As bacias hidrográficas dos rios Pomba e Muriaé são importantes unidades contribuintes do curso inferior do rio Paraíba do Sul, na sua margem esquerda (Figura 2.1). Essas sub-bacias da bacia do rio Paraíba do Sul abrigam, parcial ou totalmente, o território de 64 municípios e somam uma área de drenagem igual a 16.778 km².

O rio Pomba possui extensão total de 265 km, desde sua nascente localizada em Barbacena, no Estado de Minas Gerais, na serra da Mantiqueira, até o desemboque no rio Paraíba do Sul, nas imediações dos municípios de Aperibé e Itaocara, ambos localizados no Estado do Rio de Janeiro. Seus principais tributários são os rios Novo, Piau, Xopotó, Formoso e Pardo. Sua sub-bacia apresenta área de drenagem de 8.616 km² e abrange 38 municípios, dos quais, Cataguases, Leopoldina, Santos Dumont, São João Napomuceno, Ubá, Visconde do Rio Branco, Santo Antônio de Pádua e Miracema são os mais importantes.

O rio Muriaé possui extensão de 300 km, desde sua nascente em Mirai, no Estado de Minas Gerais, até o desemboque no rio Paraíba do Sul, nas proximidades do município de Campos dos Goytacazes, no Estado do Rio de Janeiro. O curso d'água é formado pela confluência dos rios Bom Sucesso e Samambaia. Seus principais tributários são os rios Glória, Gavião, Santo Antônio e Carangola. Sua sub-bacia apresenta área drenagem de 8.162 km² e abrange 26 municípios, dos quais, Muriaé, Carangola e Itaperuna são os mais importantes.

O clima típico da região em que se localizam as sub-bacias é tropical, com temperatura média anual que oscila entre 18°C e 24°C, sendo que as mais altas temperaturas ocorrem na região de Itaperuna, na bacia do rio Muriaé, com média das máximas situada em torno de 32°C. O regime de chuvas é caracterizado por um período seco (de junho a setembro) e um período chuvoso (de novembro a janeiro), quando ocorrem as grandes cheias do rio Paraíba do Sul. Os maiores índices pluviométricos ocorrem na região de altitude (Serra do Mar e Serra dos Órgãos), onde a precipitação anual acumulada pode ultrapassar 2.000 mm; por outro lado, as menores pluviosidades são registradas no médio e no curso inferior do rio Paraíba do Sul, com precipitação anual entre 1.000 mm e 1.250 mm (região em que se localizam as sub-bacias dos rios Pomba e Muriaé).

O relevo predominantemente acidentado exerce grande influência na gênese das chuvas em toda a região da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, sobretudo em áreas onde as elevações do terreno oferecem resistência ao deslocamento das massas de ar, favorecendo a permanência de eventos pluviométricos.

Quanto ao uso e ocupação do solo, podem ser categorizados os seguintes padrões na bacia do rio Paraíba do Sul: áreas urbanizadas (correspondentes às áreas das sedes urbanas dos municípios, incluindo áreas de uso residencial denso e esparso bem como agrupamentos rurais); culturas agrícolas (anuais, semi-perenes, perenes e áreas de reflorestamento); campos e pastagens; rochas e solos expostos; vegetação arbórea densa e esparsa. A ocupação antrópica das terras baixas, planícies e regiões submontanas das sub-bacias contribuiu para alterar fortemente a cobertura vegetal original, favorecendo a ocorrência de cheias nessas áreas.

Estão incluídos no SIEMEC os seguintes municípios, localizados nas bacias dos rios Pomba e Muriaé:

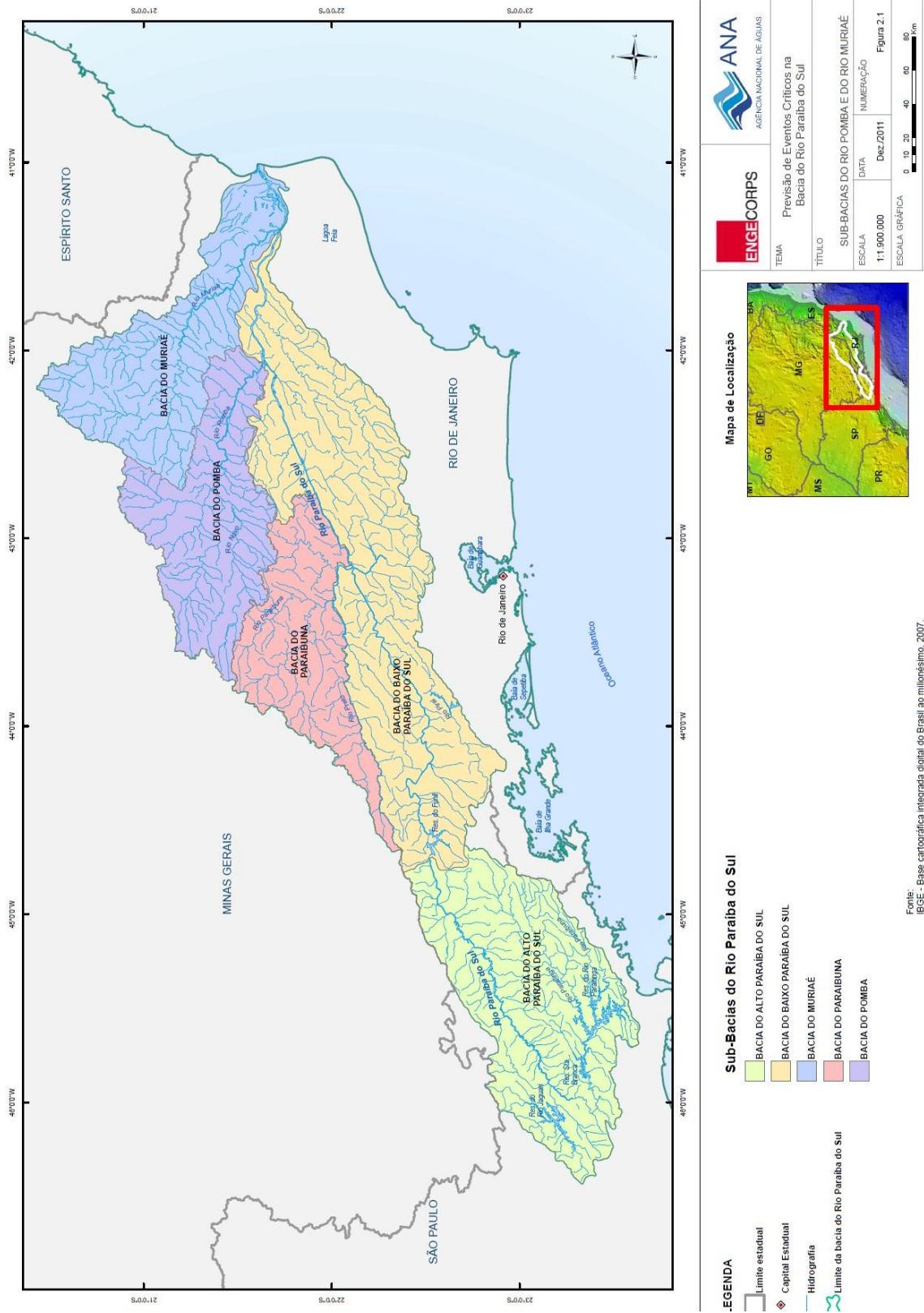
- ✓ Bacia do rio Pomba:
 - ✧ Cataguases (MG);
 - ✧ Santo Antônio de Pádua (RJ);
- ✓ Bacia do rio Muriaé:
 - ✧ Muriaé (MG);
 - ✧ Mirai (MG);
 - ✧ Porciúncula (MG);
 - ✧ Tombos (MG);
 - ✧ Carangola (MG);
 - ✧ Laje do Muriaé (RJ);
 - ✧ Cardoso Moreira (RJ);
 - ✧ Italva (RJ);

- ✧ Itaperuna (RJ); e
- ✧ Natividade (RJ).

Segundo levantamentos de campo efetuados na região, cujos resultados foram expostos no relatório R30, apenas as cidades de Miraí e Tombos não são muito afetadas por episódios recorrentes de cheias; as demais, sofrem inundações frequentes.

A Figura 2.1 mostra as sub-bacias do rio Paraíba do Sul, incluindo as sub-bacias dos rios Pomba e Muriaé.

Figura 2.1 - Sub-bacias da Bacia do Rio Paraíba do Sul



3. PAPEL DOS AFLUENTES NAS CHEIAS DOS RIOS POMBA E MURIAÉ

Diversos fatores de ordem natural e antrópica interferem na gênese de cheias em bacias hidrográficas. Este capítulo analisa esses fatores para as bacias dos rios Pomba e Muriaé, e apresenta os principais resultados da modelagem hidrológica e hidráulica realizada, possibilitando avaliar e identificar o papel dos afluentes desses rios na geração de cheias em ambas as bacias.

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A configuração espacial dos rios, ribeirões, córregos e corpos d'água de maneira geral e a disposição da rede hidrográfica ao longo de uma bacia associada a um conjunto de informações discretizadas por trechos dos cursos d'água constitui a topologia da rede hidrográfica.

Os rios apresentam características que os identificam e os definem ao longo de seu curso. A configuração topológica da rede hidrográfica influencia de forma preponderante o regime de escoamento dos cursos d'água, que resulta da ação conjunta de uma série de agentes modeladores, meteorológicos, geomorfológicos e também da cobertura vegetal, todos interdependentes entre si.

O regime pluviométrico da região na qual se situam o rio e sua bacia é fator importantíssimo. O relevo é outro agente fundamental pela influência que exerce na concentração do escoamento superficial nas linhas de talvegue da rede de drenagem. A geologia influencia principalmente a infiltração da água no solo, com reflexos na recarga e escoamento dos aquíferos. A cobertura vegetal, por sua vez, também tem papel importante na chegada da chuva ao solo, pelo efeito da interceptação.

Bacias hidrográficas assentes sobre solos mais permeáveis tendem a gerar regimes mais regulares dos rios que as drenam, absorvendo parcela considerável das chuvas, cujos deflúvios são amortecidos no subsolo e retornam às calhas fluviais através da contribuição das águas subterrâneas. Por outro lado, os rios de bacias menos permeáveis apresentam maiores picos de enchentes.

A geologia da bacia hidrográfica, associada aos agentes modificadores da sua morfologia, define o tipo de rede potamográfica, não somente no que se refere à densidade da rede de drenagem (relação entre a soma das extensões de todos os cursos d'água que a compõem e a área da bacia) como também à sua forma e distribuição. Bacias com rede potamográfica mais ramificada tendem, em geral, a defasar as contribuições parciais e atenuar as enchentes.

Segundo Wilken (1978), do ponto de vista hidrológico, o escoamento de um curso de água pode ser considerado como produto do ciclo hidrológico, influenciado por dois grupos de fatores: climáticos/meteorológicos (incluem os efeitos da chuva e da evapotranspiração, os quais apresentam variações ao longo do ano, de acordo com a climatologia local); e fatores fisiográficos (relativos às características físicas da bacia contribuinte).

Assim, a forma da bacia hidrográfica influi sobre o regime de escoamento dos cursos d'água, especialmente sobre as enchentes; bacias mais arredondadas têm menor defasagem na concentração de vazões do que bacias alongadas, gerando cheias mais potentes.

A distribuição espacial da precipitação e o seu deslocamento sobre as bacias também têm forte relação com a morfologia das unidades hidrográficas e com a conformação das enchentes (SOUZA, 1974).

Verifica-se, em síntese, que o potencial de geração de cheias de uma bacia ou sub-bacia hidrográfica depende de uma série de características, que serão descritas nos próximos itens para as bacias dos rios Pomba e Muriaé.

3.2 TOPOLOGIA DA REDE HIDROGRÁFICA

3.2.1 Bacia do Rio Pomba

Conforme exposto no Capítulo 1, a bacia do rio Pomba está localizada na margem esquerda do rio Paraíba do Sul, em seu trecho inferior. Possui área de drenagem de 8.616 km² e a extensão total do rio Pomba é de 265 km, apresentando uma declividade total, ao longo da unidade hidrográfica, de aproximadamente 0,17%. Os principais afluentes do rio Pomba são:

- ✓ Pela margem direita: rio Novo;
- ✓ Pela margem esquerda: rio Xopotó.

Nessa bacia, estão localizados dois municípios dentre os contemplados pelo SIEMEC: Cataguases (MG) e Santo Antônio de Pádua (RJ).

Para efeitos do presente estudo, a bacia do rio Pomba foi subdividida nas seguintes sub-bacias: rio Pomba Superior; rio Novo; e rio Xopotó. Para efeitos das análises realizadas com vistas à avaliação das cheias que se manifestam especificamente nas áreas urbanas de Cataguases e Santo Antônio de Pádua, consideraram-se ainda os seguintes recortes: área de drenagem da bacia do rio Pomba até Cataguases; e área de drenagem da bacia do rio Pomba até Santo Antônio de Pádua.

A Figura 3.1 mostra a subdivisão adotada, bem como a localização das sedes municipais contempladas pelo SIEMEC.

Na bacia do rio Pomba, são identificados 10 aproveitamentos hidrelétricos (nove PCHs e uma UHE); Porém, todos eles operam a fio d'água, não contribuindo para o amortecimento de cheias.

A Figura 3.2 mostra o diagrama unifilar da bacia do rio Pomba, com a alocação dos seus principais afluentes e a localização das cidades alvo do SIEMEC. Também estão indicados os aproveitamentos hidroelétricos existentes, a título de ilustração.

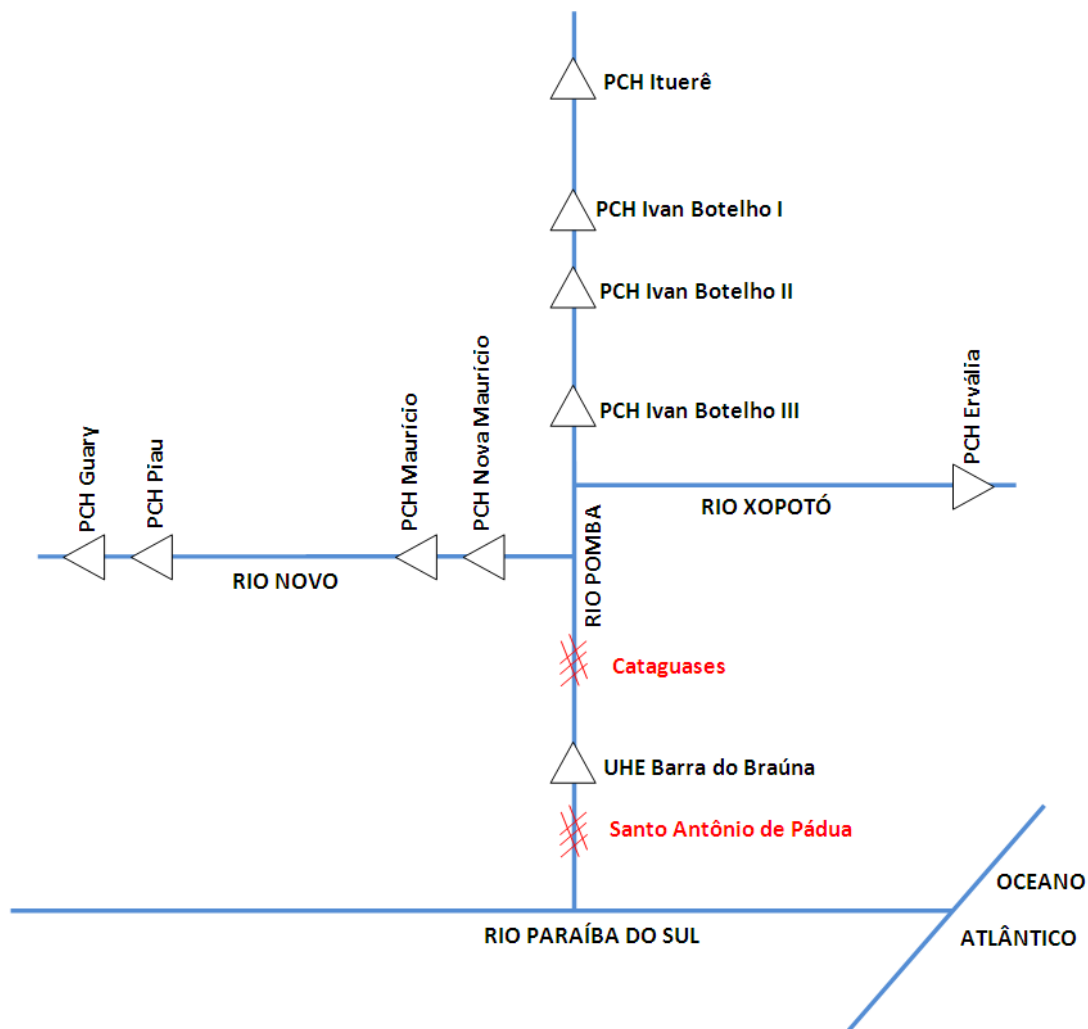


Figura 3.2 – Diagrama Unifilar da Bacia do Rio Pomba

Verifica-se que os municípios de Cataguases e Santo Antônio de Pádua, ambos sujeitos a inundações freqüentes situam-se a jusante da confluência dos rios Novo e Xopotó com o rio Pomba.

3.2.2 Bacia do Rio Muriaé

A bacia do rio Muriaé está localizada na margem esquerda do rio Paraíba do Sul, em seu trecho inferior. A bacia possui área de drenagem de 8.162 km² e a extensão total do rio Muriaé é de 300 km, apresentando uma declividade bruta, ao longo unidade hidrográfica, de aproximadamente 0,14%.

Os principais afluentes do rio Muriaé são os rios Carangola, Preto e Glória, todos eles contribuintes do rio Muriaé pela margem esquerda.

Nessa bacia, estão localizados dez municípios dentre os contemplados pelo SIEMEC: Muriaé (MG); Mirai (MG); Porciúncula (MG); Tombos (MG); Carangola (MG); Laje do Muriaé (RJ); Cardoso Moreira (RJ); Italva (RJ); Itaperuna (RJ); e Natividade (RJ).

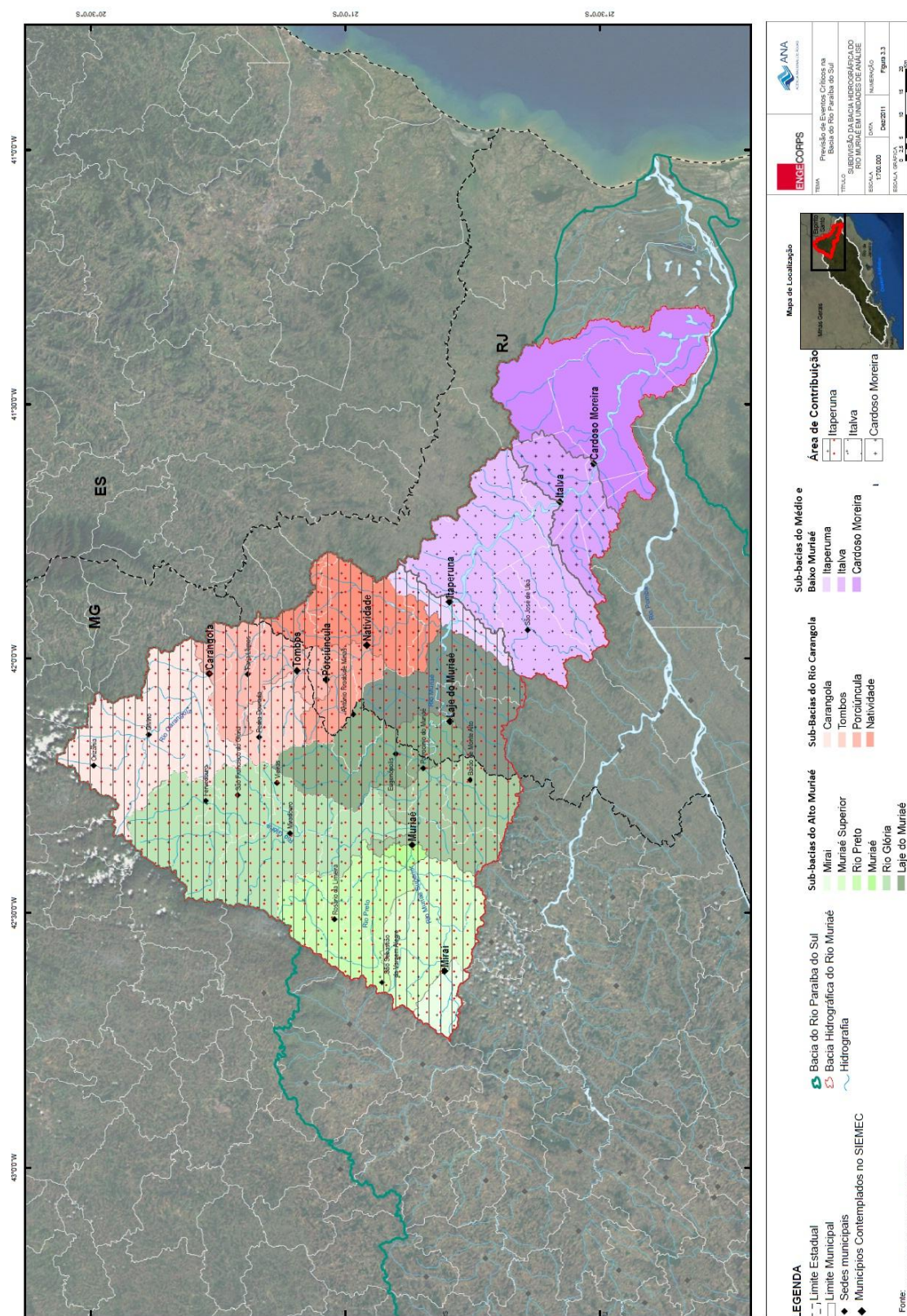
Para efeitos do presente estudo, a bacia do rio Muriaé foi subdividida nas sub-bacias dos seus principais afluentes e em recortes menores, visando avaliar especificamente a contribuição desses afluentes na geração de cheias dos municípios contemplados no SIEMEC. Assim, a subdivisão adotada contemplou as seguintes unidades de análise:

- ✓ Alto Rio Muriaé:
 - ✧ Área de drenagem do rio Muriaé contribuinte a Mirai;
 - ✧ Rio Muriaé Superior;
 - ✧ Sub-bacia do rio Preto;
 - ✧ Área de drenagem do rio Muriaé contribuinte a Muriaé;
 - ✧ Sub-bacia do rio Glória;
 - ✧ Área de drenagem do rio Muriaé contribuinte a Laje do Muriaé;
- ✓ Sub-bacia do Rio Carangola:
 - ✧ Área de drenagem do rio Carangola contribuinte a Carangola;
 - ✧ Área de drenagem do rio Carangola contribuinte a Tombos;
 - ✧ Área de drenagem do rio Carangola contribuinte a Porciúncula;
 - ✧ Área de drenagem do rio Carangola contribuinte a Natividade;
- ✓ Sub-bacias do Médio e Baixo Muriaé:
 - ✧ Área de drenagem do rio Muriaé contribuinte a Italva;
 - ✧ Área de drenagem do rio Muriaé contribuinte a Itaperuna;
 - ✧ Área de drenagem do rio Muriaé contribuinte a Cardoso Moreira.

A Figura 3.3 mostra a subdivisão adotada, bem como a localização das sedes municipais contempladas pelo SIEMEC.

Na bacia do rio Muriaé, estão localizadas algumas PCHs; porém, todos esses aproveitamentos operam a fio d'água, não contribuindo para o amortecimento de cheias.

Figura 3.3 – Subdivisão da Bacia Hidrográfica do Rio Muriaé em Unidades de Análise



A Figura 3.4 mostra o diagrama unifilar da bacia do rio Muriaé, com a alocação dos seus principais afluentes e a localização das cidades alvo do SIEMEC. Também estão indicados os aproveitamentos hidroelétricos existentes, a título de ilustração.

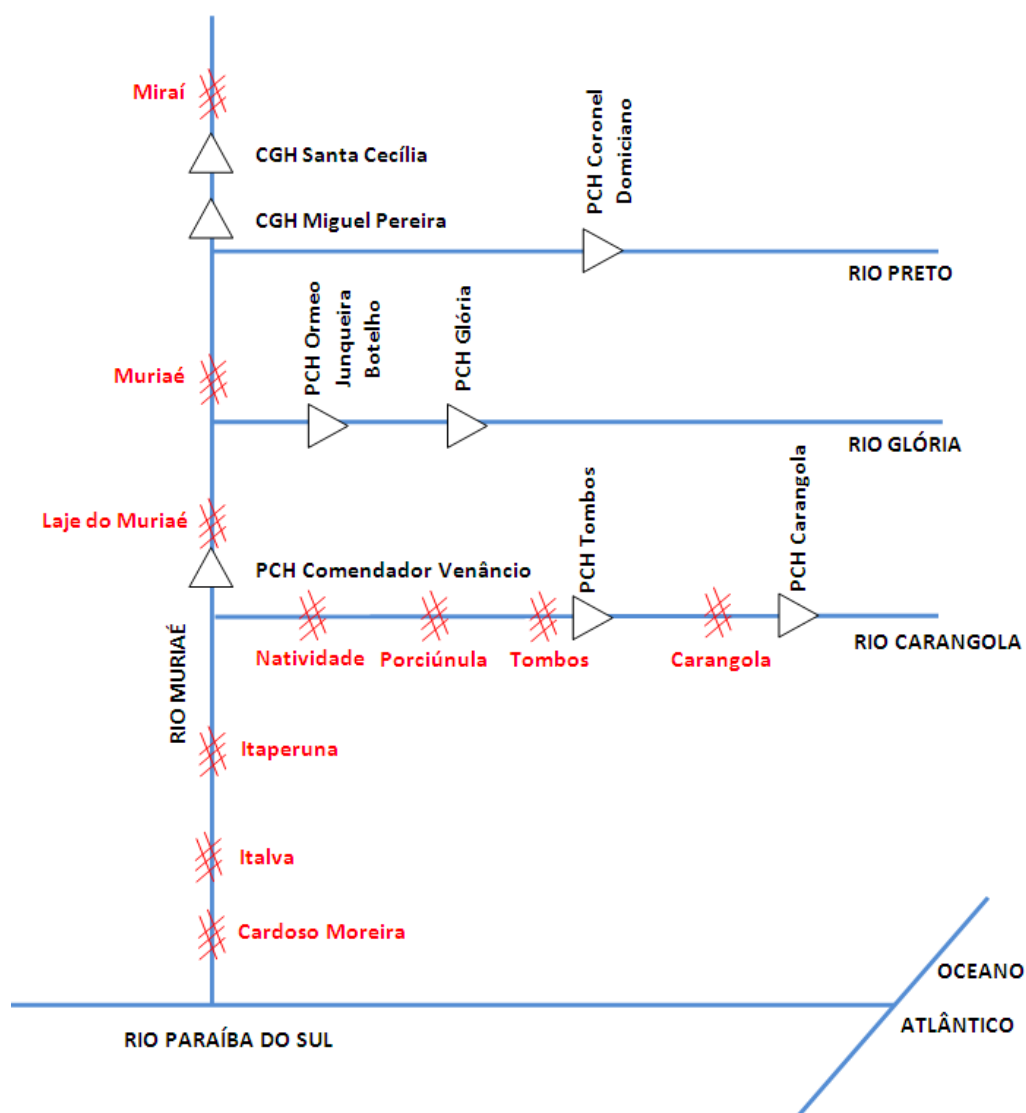


Figura 3.4 – Diagrama Unifilar da Bacia do Rio Muriaé

A partir do diagrama unifilar, verifica-se que sete dos dez municípios contemplados pelo SIEMEC estão localizados nas sub-bacias dos rios Carangola e baixo Muriaé. O município de Muriaé situa-se a jusante da foz do rio Preto no rio Muriaé, e o município de Laje do Muriaé, a jusante da foz do rio Carangola. O município de Miraí é o único localizado no alto curso do rio Muriaé.

3.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

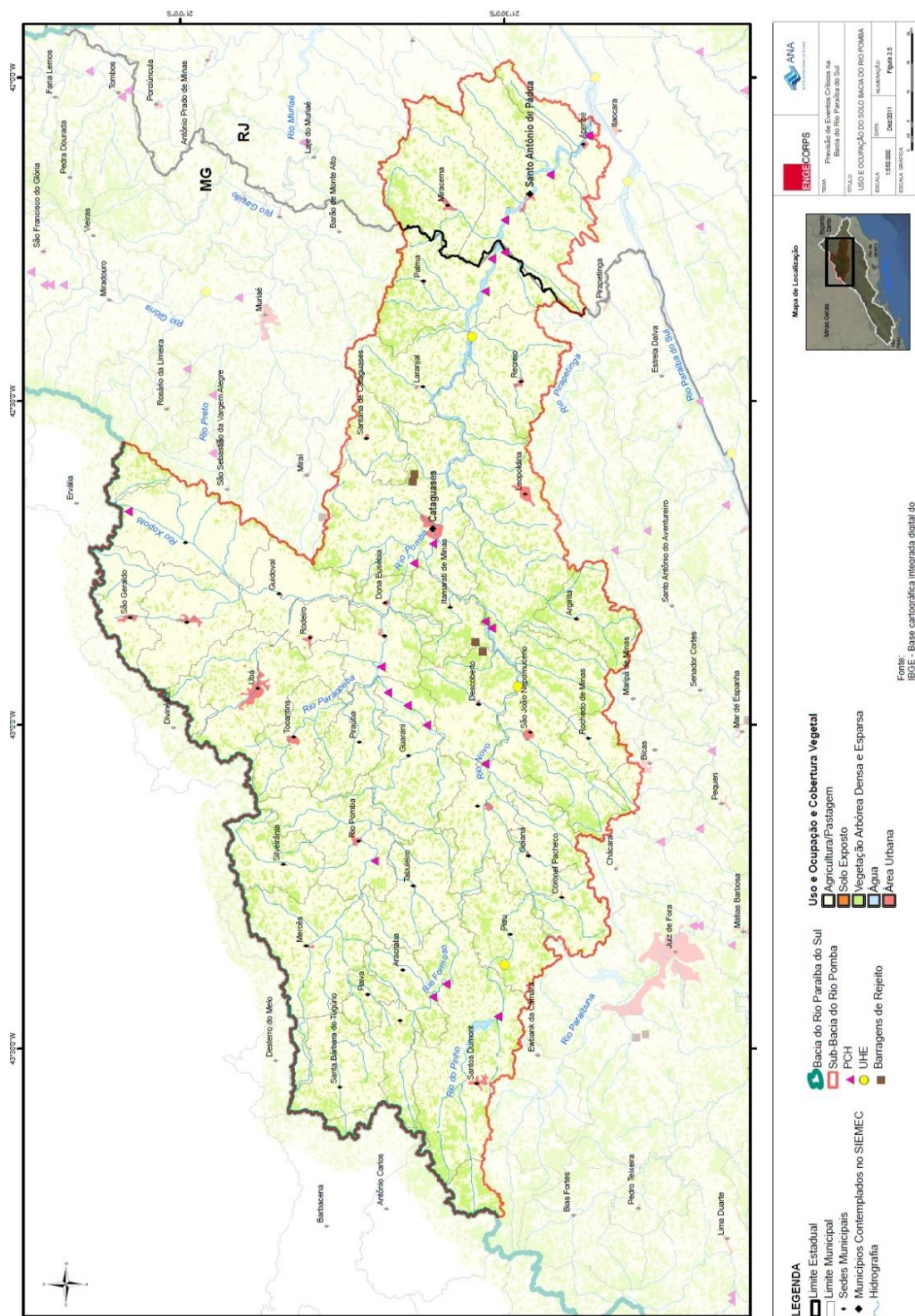
O grau de antropismo de uma bacia hidrográfica é um dos fatores que influencia o seu potencial gerador de cheias, uma vez que a cobertura vegetal desempenha importante função na redução dos escoamentos ao longo da rede de drenagem, sendo, portanto, de

interesse examinar os padrões de uso e ocupação do solo das bacias dos rios Pomba e Muriaé.

3.3.1 Bacia do Rio Pomba

A Figura 3.5 mostra os padrões de uso do solo e cobertura vegetal da bacia do rio Pomba.

Figura 3.5 – Uso e ocupação do solo - bacia do rio Pomba



Observa-se, com base na Figura 3.5, que a bacia do rio Pomba apresenta alto grau antropismo, estando ocupada, predominantemente, por pastagens e agricultura. Verificam-se, também, solos e rochas expostos de maneira esparsa ao longo da bacia. Entretanto, ainda remanescem manchas de vegetação arbórea distribuídas em pequenos pontos na bacia e núcleos pontuais de vegetação densa, porém, localizados apenas na sub-bacia do rio Novo.

Convém observar que na sub-bacia do rio Xopotó os usos do solo são mais intensivos quanto à exploração de pastagem e agricultura, bem como pela ocupação urbana, sendo esta atribuída, fundamentalmente, às áreas urbanas de São Geraldo, Visconde do Rio Branco e Ubá.

Outro aspecto importante é que a concentração das sedes urbanas ocorre nas cabeceiras das sub-bacias, principalmente nas áreas de drenagem do rio Novo e do rio Xopotó.

O Quadro 3.1 quantifica os padrões de uso e ocupação do solo e de cobertura vegetal nas unidades de análise da bacia do rio Pomba. Verifica-se, em síntese, que a bacia possui cerca de 80% de seu território ocupado com áreas antropizadas, o que contribui grandemente para a geração de maiores deflúvios.

QUADRO 3.1 – PADRÕES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL NAS UNIDADES DE ANÁLISE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO POMBA

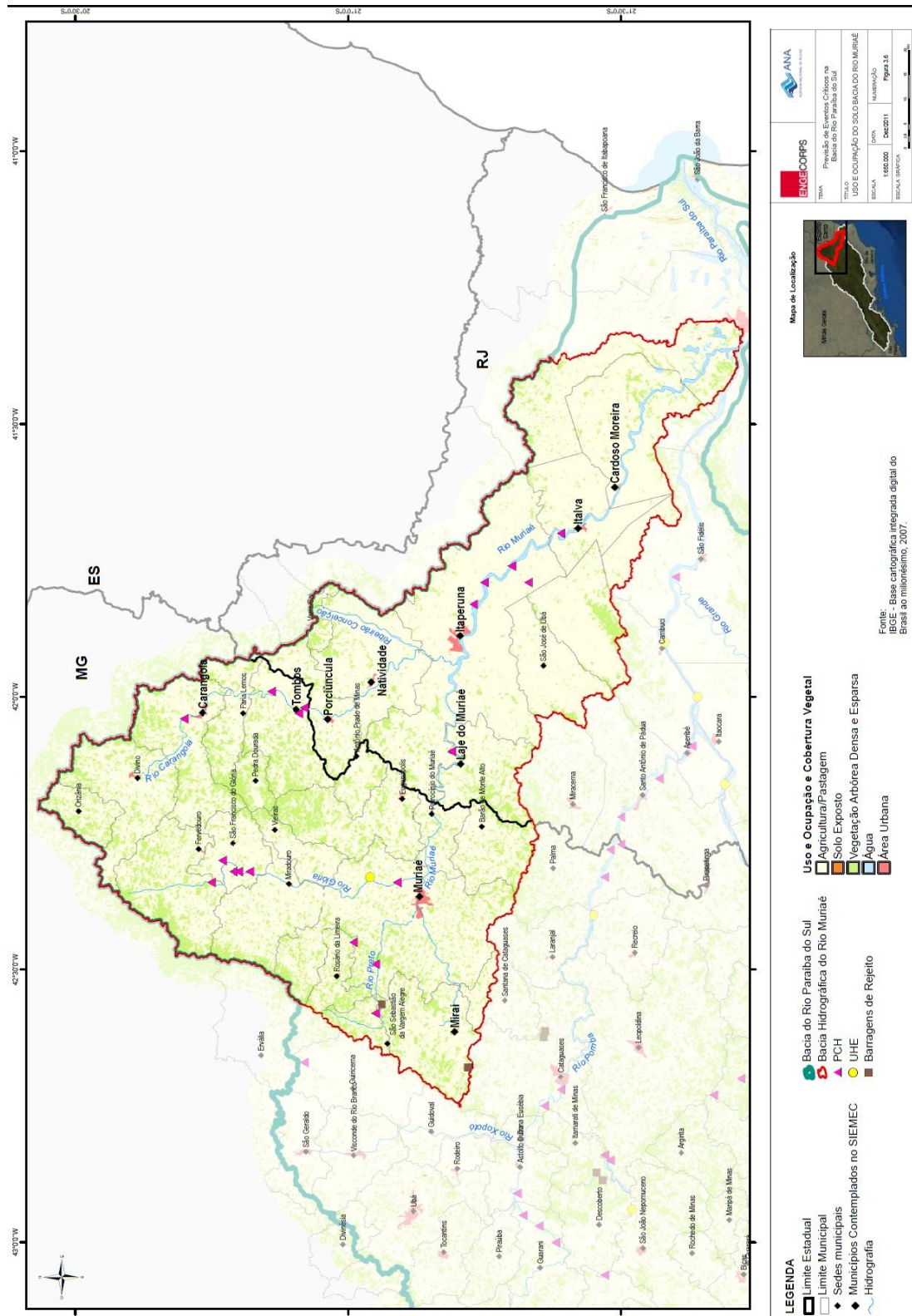
Unidade de Análise	Corpos d'Água		Pastagens/ Agricultura		Solo Exposto		Ocupação Urbana		Vegetação (esparsa e densa)		TOTAL	
			Área (km ²)	%							Área (km ²)	%
Rio Novo	6	0	1.435	70	1	0	10	0	586	29	2.038	100
Rio Pomba Superior	5	0	1.844	78	1	0	8	0	517	22	2.375	100
Rio Xopotó	0	0	1.113	86	1	0	19	2	161	12	1.295	100
Área de Drenagem até Cataguases	14	0	4.539	77	3	0	40	1	1.307	22	5.903	100
Área de Drenagem até Santo Antônio de Pádua	31	0	6.317	77	4	0	59	1	1.840	22	8.252	100

Elaboração ENGEORPS, 2011

3.3.2 Bacia do Rio Muriaé

A Figura 3.6 mostra os padrões de uso do solo e cobertura vegetal da bacia do rio Muriaé.

Figura 3.6 - Uso e ocupação do solo - bacia do rio Muriaé



O Quadro 3.2 quantifica os padrões de uso e ocupação do solo e de cobertura vegetal nas unidades de análise da bacia do rio Muriaé.

QUADRO 3.2 – PADRÕES DE USO, OCUPAÇÃO DO SOLO E DE COBERTURA VEGETAL NAS UNIDADES DE ANÁLISE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MURIAÉ

Unidade de Análise	Corpos d'Água		Pastagens/Agricultura		Solo Exposto		Ocupação Urbana		Vegetação (esparsa e densa)		TOTAL	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Área de Drenagem até Mirai	0	0	74	73	0	0	1	0	26	26	100	100
Muriaé Superior	0	0	446	80	0	0	1	0	111	20	558	100
Rio Preto	1	0	324	66	0	0	1	0	168	34	494	100
Área de Drenagem até Muriaé	1	0	788	73	1	0	9	1	283	26	1.082	100
Rio Glória	0	0	847	77	0	0	2	0	254	23	1.102	100
Área de Drenagem até Laje do Muriaé	2	0	346	71	0	0	2	0	137	28	487	100
Alto Muriaé	8	0	2.791	76	1	0	15	0	862	23	3.677	100
Área de Drenagem até Carangola	0	0	541	71	0	0	3	0	220	29	764	100
Área de Drenagem até Tombos	0	0	97	54	0	0	0	0	83	46	180	100
Área de Drenagem até Porciúncula	1	0	945	70	0	0	7	0	391	29	1.343	100
Área de Drenagem até Natividade	1	0	1.104	72	0	0	8	1	423	28	1.537	100
Rio Carangola	3	0	1.531	76	1	0	9	0	482	24	2.026	100
Área de Drenagem até Itaperuna	13	0	4.442	76	2	0	32	1	1.348	23	5.836	100
Área de Drenagem até Italva	27	0	5.416	79	2	0	35	1	1.399	20	6.880	100
Área de Drenagem até Cardoso Moreira	30	0	5.739	79	2	0	36	1	1.436	20	7.243	100

Elaboração ENGECORPS, 2011

Observa-se que, tal como a bacia do rio Pomba, a bacia do rio Muriaé apresenta usos do solo predominantemente destinados a pastagens e à agricultura. Verificam-se, também, solos e rochas expostos de maneira esparsa ao longo da bacia.

A vegetação arbórea encontra-se distribuída em pequenas manchas ao longo da bacia, podendo ser identificados remanescentes de vegetação densa, localizados, especialmente, na sub-bacia do rio Carangola, área de drenagem até a cidade de Tombos.

Comparativamente às demais unidades de análise, a sub-bacia do rio Muriaé Superior apresenta maior intensidade no uso do solo, com 80% de sua área ocupada por atividades agropecuárias.

Quanto às áreas urbanizadas, destacam-se os municípios de Muriaé e Itaperuna. O trecho médio da bacia do rio Muriaé possui áreas com rochas e solos expostos, bem como predominância de cultura agrícola e pastagens. Verifica-se o uso intensivo dos solos para agricultura no trecho inferior do rio Muriaé, nas proximidades de sua foz com o rio Paraíba do Sul.

3.4 ASPECTOS METEOROLÓGICOS

Os efeitos meteorológicos apresentam estreita relação com a superfície terrestre na geração de eventos pluviométricos e influenciam grandemente a ocorrência de inundações e alagamentos em áreas urbanizadas.

Para a caracterização meteorológica da região em estudo, recorreu-se à identificação dos fenômenos de meso escala que interferem na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, identificando-se efeitos locais, quando aplicável.

Em função da localização geográfica das bacias dos rios Pomba e Muriaé, o clima é predominantemente tropical úmido, o que submete a região aos efeitos de sistemas frontais e de linhas de instabilidade, que também sofrem interferência do relevo, fundamentalmente pela presença da Serra do Mar.

As condições climáticas são fortemente influenciadas pela ação das massas de ar submetidas ao anticiclone subtropical do atlântico sul, que atua próximo à costa do Rio de Janeiro e do Espírito Santo durante a maior parte do ano. Trata-se de um núcleo de alta pressão, ar úmido e pouca nebulosidade, o que proporciona elevadas temperaturas. Conseqüentemente, há geração de altos índices de evaporação que, agregados à interferência marítima, constituída de águas quentes, respondem por precipitação pluviométrica conectiva, de forma relativamente constante, sobretudo, no verão. Este fenômeno atmosférico é caracterizado pela grande intensidade pluviométrica de efeito local e de curta duração, atingindo principalmente a vertente atlântica da Serra do Mar.

Na Região Sudeste do Brasil, é comum a entrada de sistemas frontais frios, que são formados quando massas de ar frio, provenientes da Região Sul, se deslocam de encontro às massas de ar quentes localizadas em latitudes tropicais, forçando-as para o Norte.

Como o ar frio é mais denso, penetra por debaixo do ar quente, forçando sua subida e, conseqüentemente, o seu resfriamento. Cria-se, assim, uma região de intensa atividade conectiva, com formação de nuvens de desenvolvimento vertical acentuado, com destaque para os cumulonimbus. Estas nuvens provocam pancadas de chuva torrenciais, trovoadas e, por vezes, rajadas fortes de ventos na superfície terrestre.

Podem ainda ocorrer ciclones extratropicais, que são formados a partir da ondulação de uma frente fria. Essa situação pode ocorrer devido ao relevo continental, retardando o deslocamento da parte mais ao norte da frente ou pela dinâmica das massas de ar que passam a desenvolver velocidades diferentes em seus extremos frontais. A diferença de velocidade pode propiciar a criação de um vórtice ciclônico, com duas frentes bem caracterizadas, sendo uma quente e outra fria. As condições do tempo no litoral da região em estudo ficam muito severas no estágio de maturidade do vórtice, provocando além de fortes ventos, precipitação intensa em forma de tempestade, com estado de mar bastante agitado, pelas fortes ondas que são formadas pelo sistema meteorológico.

A Figura 3.7-A mostra uma imagem de satélite com a presença de uma frente fria sobre o Estado do Rio de Janeiro, enquanto que a Figura 3.7-B ilustra a presença de um ciclone extratropical, que é formado a partir da ondulação de uma frente fria, provocada pela resistência do relevo continental ao escoamento das massas de ar. Esse fenômeno pode resultar em tempestades severas na região em que se configura a formação do ciclone extratropical.

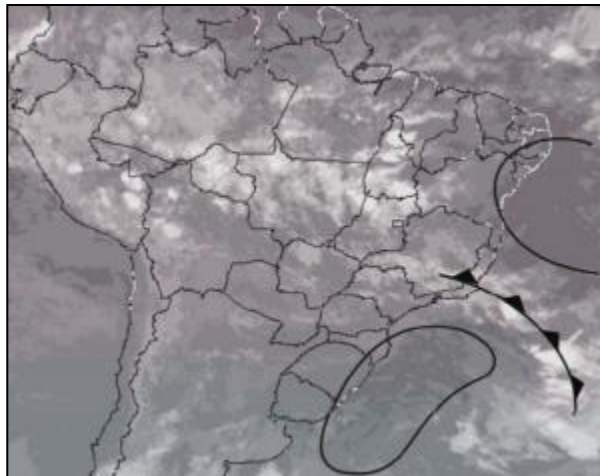


Figura 3.7-A – Presença de uma frente fria próxima ao Estado do Rio de Janeiro

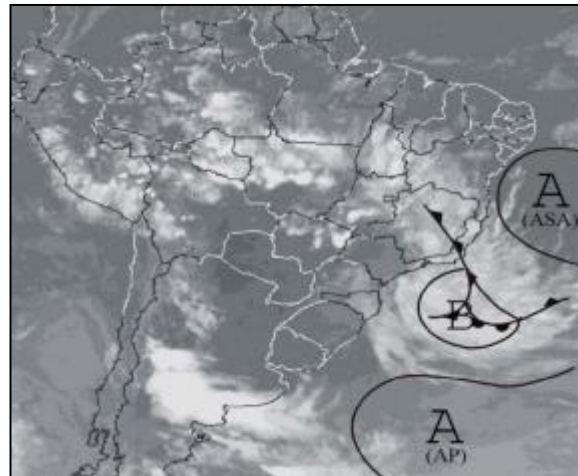


Figura 3.7-B – Presença de um ciclone extratropical próximo ao Estado do Rio de Janeiro

A área em estudo também está sujeita a passagem de frentes frias, ocasionadas pelo deslocamento de massas polares oriundas do Círculo Polar Antártico, mais frequentes no período de inverno. Este fenômeno é responsável por precipitações de menor intensidade, porém de longa duração e de maior abrangência regional (conhecidas como chuvas frontais). Esse regime “climato-meteorológico” responde pela vasta rede fluvial existente nas bacias hidrográficas dos rios Pomba e Muriaé.

É importante considerar, nesse caso, a interferência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a meteorologia regional. Convencionalmente, a ZCAS é definida como uma persistente faixa de nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste, que se estende do sul da Amazônia ao Atlântico Sul-Central por longas distâncias carregando elevada umidade para a região sudeste do Brasil, bem caracterizada nos meses de verão. Essa faixa de nebulosidade tem papel importante na ocorrência de veranicos e enchentes severas; além disso, existem modulações na escala intra-sazonal e interanual que dão origem a significativas anomalias climáticas no Brasil.

O regime pluviométrico na região sul-sudeste sofre modulações devido à oscilação de 30 a 60 dias, o que promove períodos favoráveis de precipitação intensa e veranicos associados à Zona de Convergência do Atlântico Sul. Na fronteira entre os Estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo (região em que se localizam as bacias dos rios Pomba e Muriaé), os períodos mais úmidos dentro da estação chuvosa são caracterizados pela presença da ZCAS (USP; Meteorologia Sinótica, 2011).

A Figura 3.8 mostra o efeito da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a meteorologia regional. Observa-se uma área de precipitação sobre os Estados de Minas Gerais e do Rio de Janeiro em meados de dezembro de 2008.

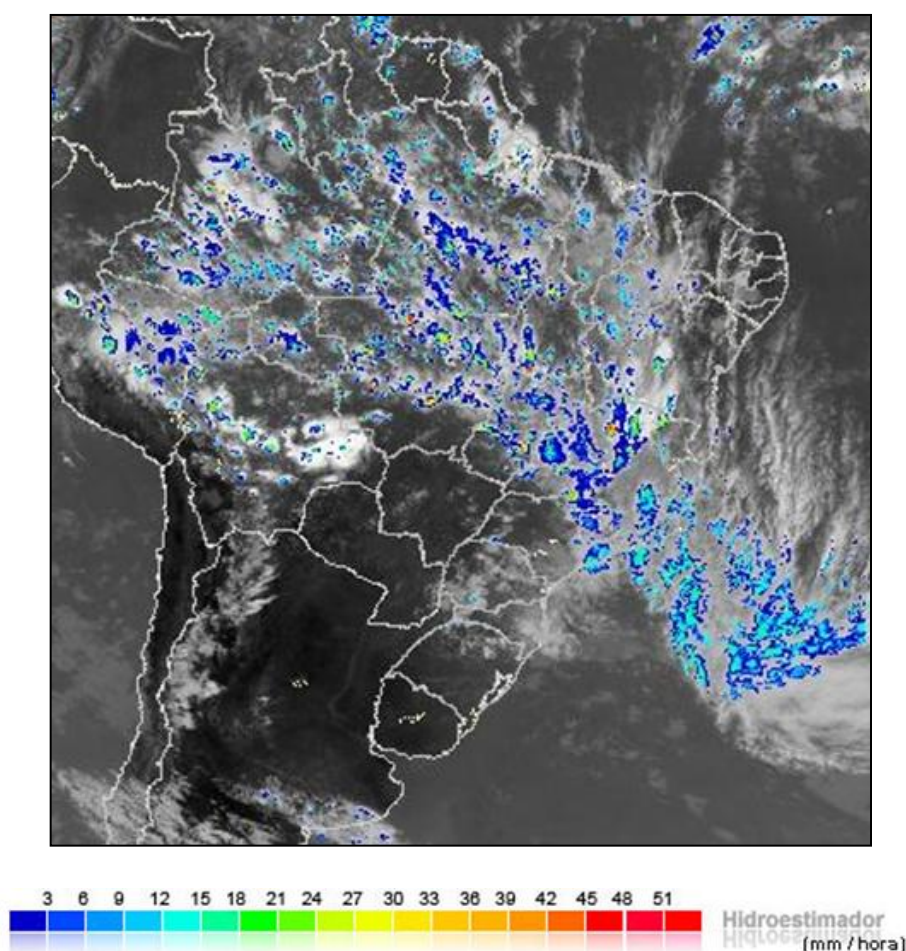


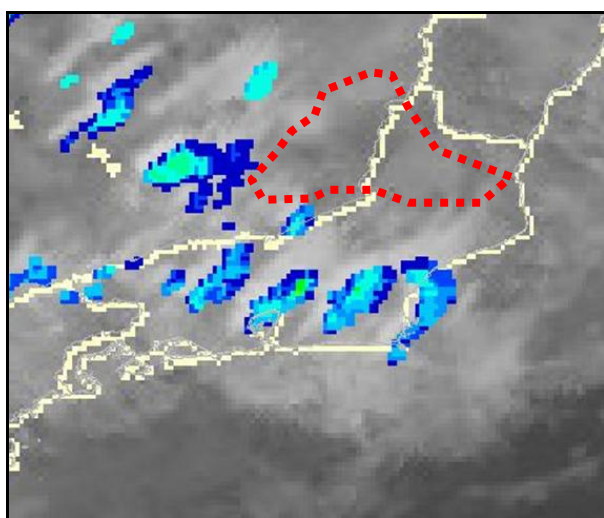
Figura 3.8 - Imagem do Satélite GOES-12; canal 4 – 15/12/2008, 13:45:00 GMT. Fonte: CPTEC/INPE, acesso em 27 de outubro de 2011

As bacias hidrográficas dos rios Pomba e Muriaé apresentam susceptibilidade às ocorrências de cheias, quando submetidas aos eventos pluviométricos oriundos da passagem de frentes frias (chuvas frontais), que, apesar da menor intensidade pluviométrica, possuem longa duração e abrangem áreas extensas.

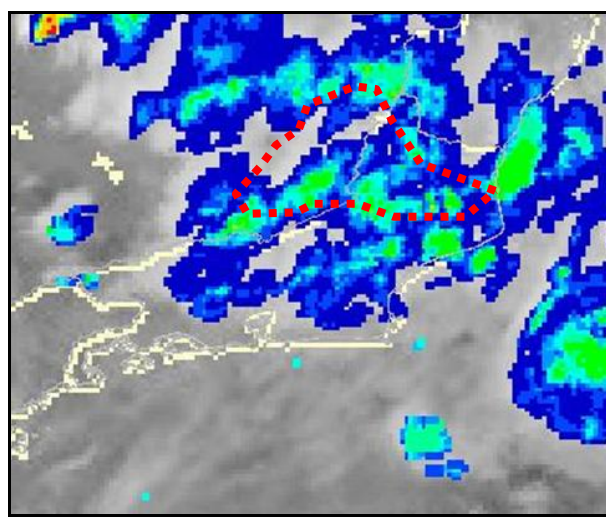
Nas épocas em que uma frente fria posiciona-se sobre uma bacia hidrográfica por um tempo superior ao tempo de concentração (tempo necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial no exutório) ocorrem as grandes enchentes. Além disso, a Serra do Mar influencia a intensidade dos eventos pluviométricos, na medida em que existe o fenômeno orográfico peculiar nas proximidades desse tipo de relevo, resultando na intensificação dos fenômenos pluviométricos.

Com o objetivo de ilustrar a relação entre os aspectos meteorológicos e fisiográficos, enfatizando as consequências dos eventos pluviométricos críticos, à luz da gênese das enchentes, a sequência das imagens de satélite na Figura 3.9 mostra a evolução dos núcleos de tempestade sobre o Estado de Minas Gerais em avanço ao Estado do Rio de Janeiro, em meados de dezembro de 2008, que causaram uma das maiores enchentes registradas nas bacias dos rios Pomba e Muriaé. Verifica-se a permanência de núcleos de chuva sobre a região em estudo, entre os dias 14 e 21 de dezembro de 2008, com uma distribuição espacial abrangendo toda a área.

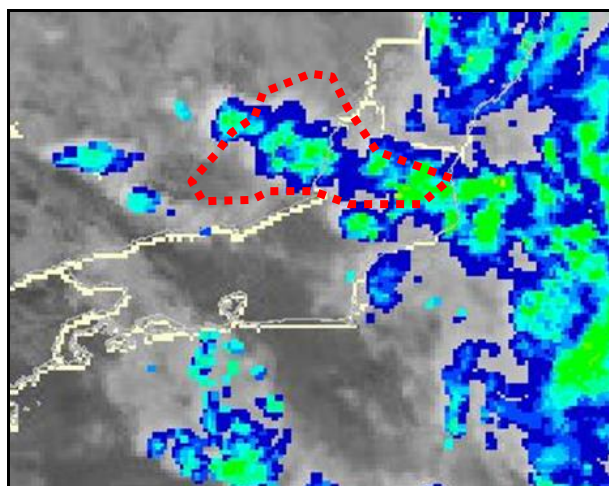
A linha tracejada em cor vermelha indica, aproximadamente, a localização das bacias dos rios Pomba e Muriaé, ao longo dos Estados de Minas Gerais e do Rio de Janeiro.



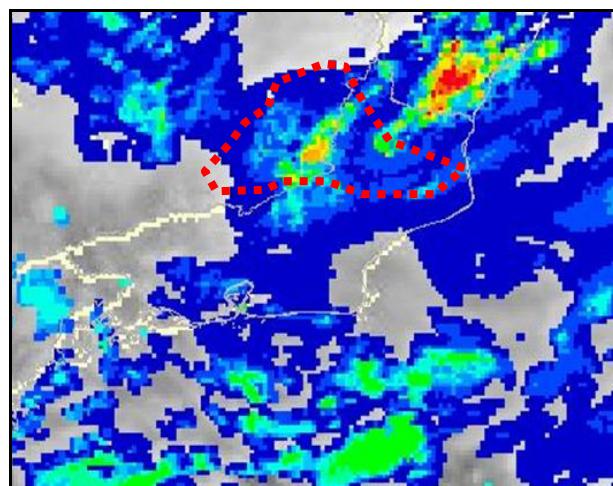
14/12/2008 – 22:30 GMT



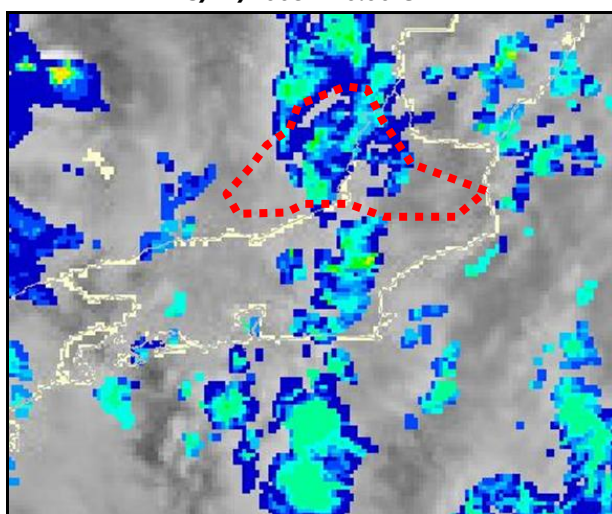
15/12/2008 – 06:00 GMT



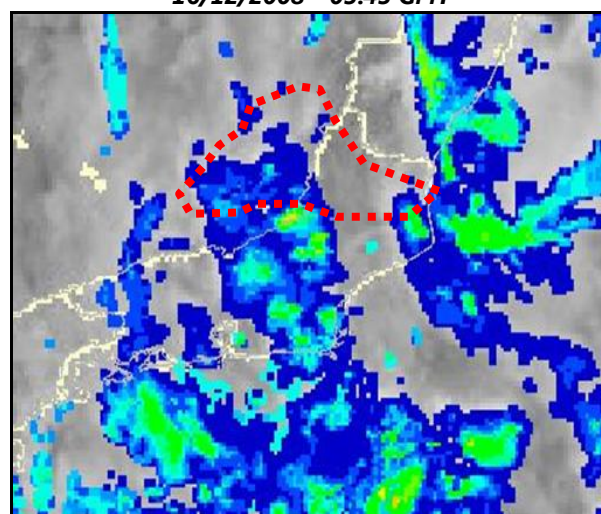
15/12/2008 – 20:00 GMT



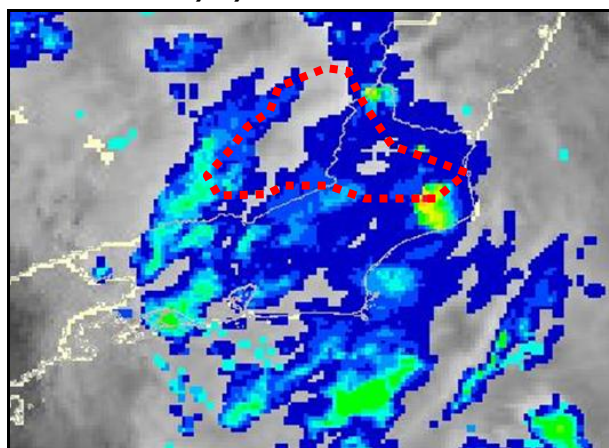
16/12/2008 – 05:45 GMT



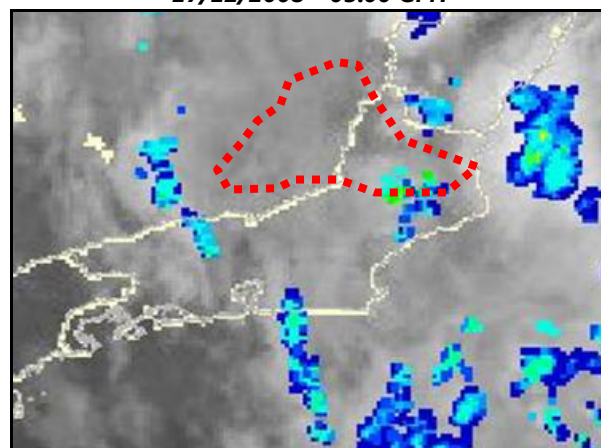
16/12/2008 – 20:15 GMT



17/12/2008 – 05:00 GMT



17/12/2008 – 20:00 GMT



18/12/2008 – 04:45 GMT

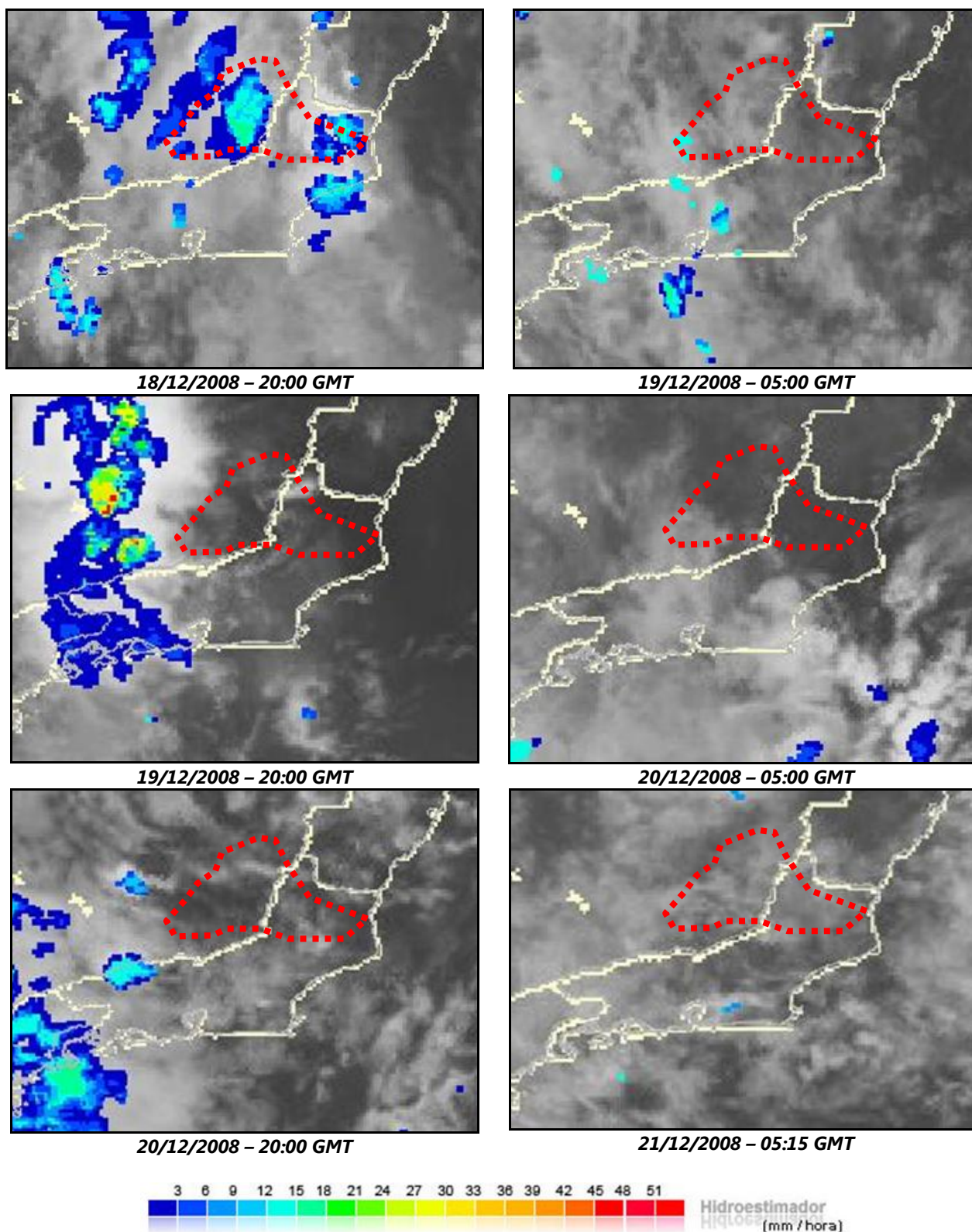


Figura 3.9 – Imagens de Satélite de Precipitação Estimada. Satélite GOES-12, canal 4. Fonte: CPTEC/INPE, acesso em 27 de outubro de 2011

As Figuras 3.10 e 3.11 apresentam, respectivamente, a precipitação acumulada diária e a precipitação acumulada para o mês de dezembro de 2008, quando da ocorrência de grandes cheias nas bacias dos rios Pomba e Muriaé.

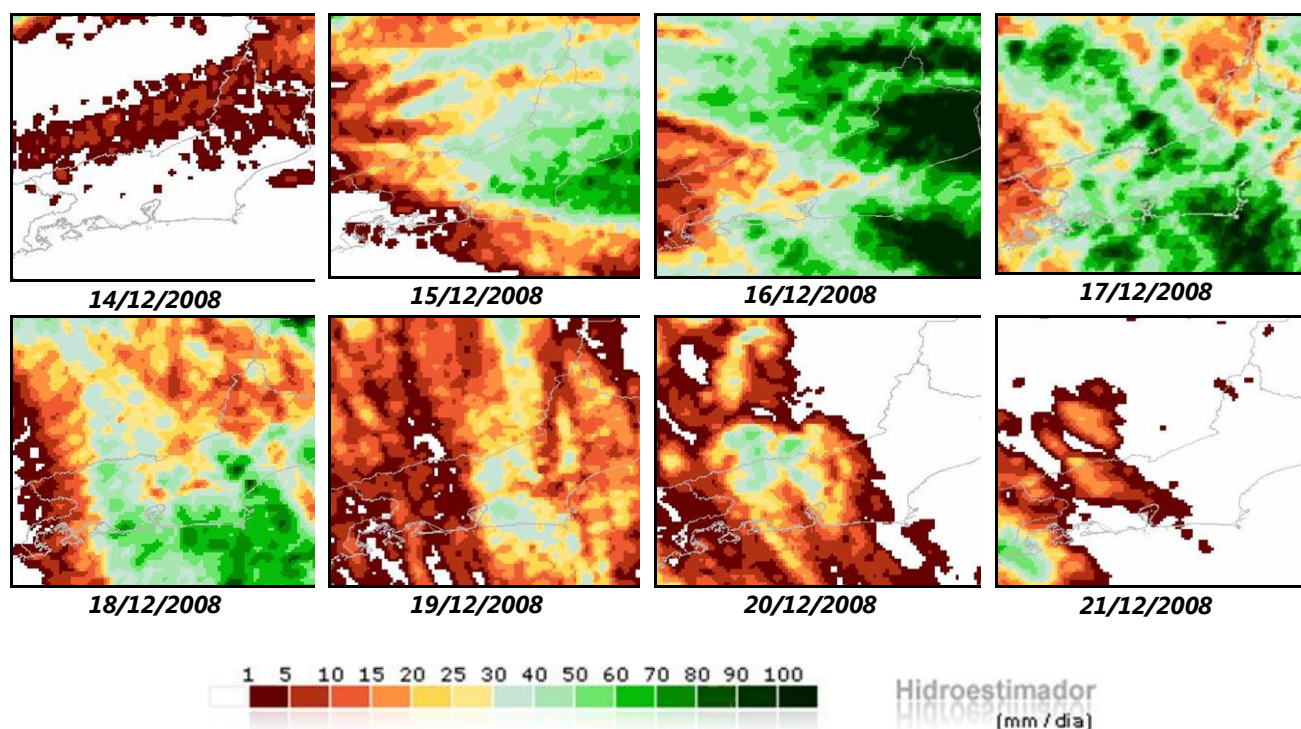


Figura 3.10 – Imagens de Precipitação Acumulada Diária. Fonte: CPTEC/INPE, acesso em 27 de outubro de 2011

A sequência das imagens de satélite ilustrada na Figura 3.10 mostra que a precipitação acumulada foi maior no dia 16 de dezembro de 2008, a qual superou 90 mm de acordo com o hidroestimador.

Na Figura 3.11, é possível notar a influência da ZCAS e que a precipitação acumulada superou 300 mm no mês de dezembro de 2008.

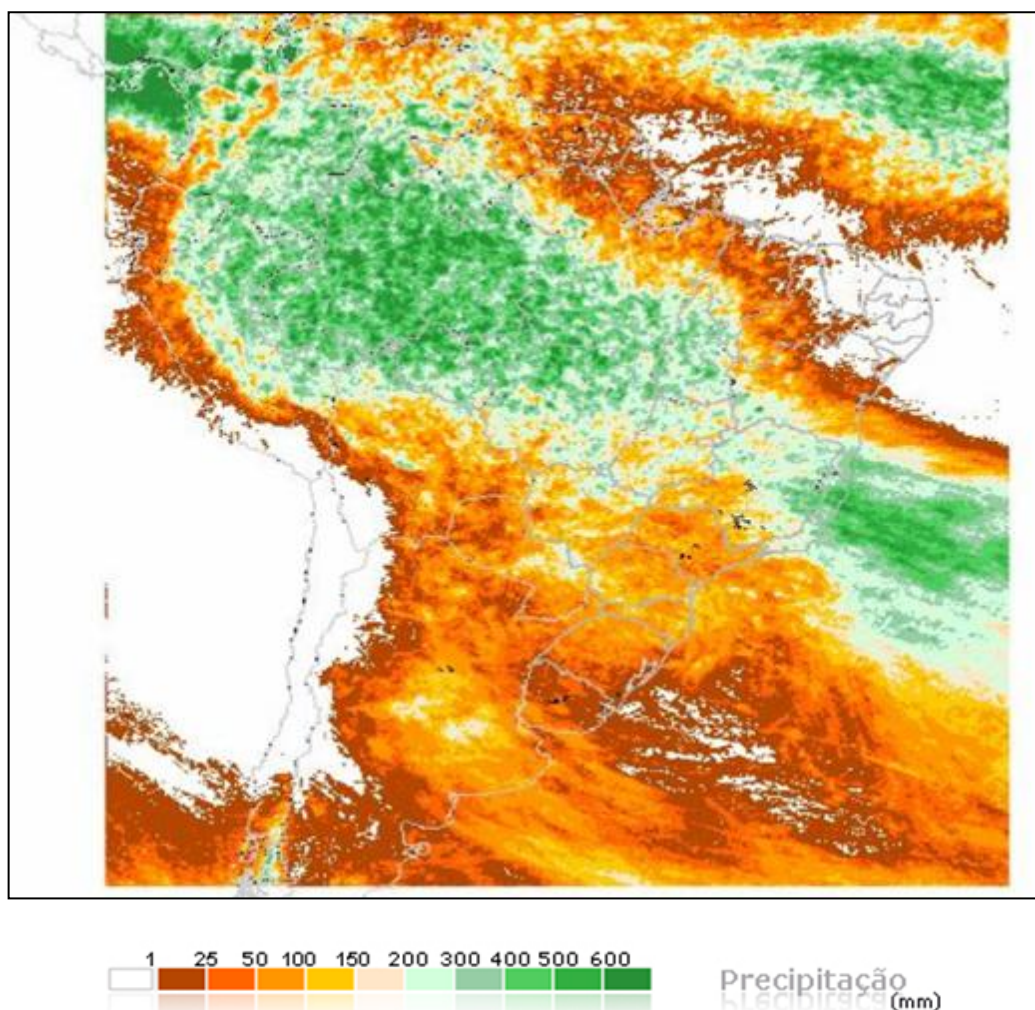


Figura 3.11 - Precipitação acumulada em dezembro de 2008. Fonte: CPTEC/INPE, acesso em 27 de outubro de 2011

Em consequência das formações meteorológicas ocorridas em meados de dezembro de 2008, diversos municípios das bacias dos rios Pomba e Muriaé foram atingidos pelo evento pluviométrico crítico e por enchentes severas.

Nos eventos mais recentes, tais como os ocorridos em 2007 e 2008, houve maior propensão das bacias dos rios Pomba e Muriaé às ocorrências de inundação e alagamento de áreas urbanizadas.

Em 2008, vários municípios dos Estados de Minas Gerais e do Rio de Janeiro foram atingidos pelas cheias. Considerada pelos moradores das cidades atingidas um evento mais severo que o de 2007, a enchente foi originada de uma precipitação ininterrupta, que durou uma semana. Os rios Pomba e Muriaé subiram cerca de 10 e 8 metros, respectivamente. As cidades mais castigadas foram Cataguases (70% do município afetado); Muriaé (aproximadamente dez mil pessoas desalojadas e mais de quarenta famílias desabrigadas); Carangola (mais de cento e cinquenta pessoas desalojadas); e Cardoso Moreira (em que o rio Muriaé atingiu 3,8 metros acima da cota de extravasamento). Em outras cidades os moradores também tiveram que deixar suas casas

por conta do risco de inundação: Natividade, Itaocara, Aperibé, Italva, Porciúncula, Campos dos Goytacazes e Cambuci.

As imagens a seguir ilustram o quão foram severas as enchentes de dezembro de 2008 nas bacias dos rios Pomba e Muriaé.

a) Muriaé



Imagens: Jornal O Globo. Fotos: Sílvia Vieira Souza, publicadas em 17/12/2008.

b) Cataguases





Imagens: Jornal O Globo. Fotos: Carolina Guedes, publicadas em 17/12/2008.

c) Santo Antônio de Pádua



Imagens: Jornal O Globo. Fotos: Fabrício dos Reis Menengate, Leandro Assis Xavier, Ricardo Antônio e Monique Silveira Serafim, publicadas em 18/12/2008.

d) Itaperuna



Imagens: Jornal O Globo. Fotos: Renato Vinhosa Padilha e Alex Soares, publicadas em 20/12/2008.

Como se observa nas imagens anteriores, os municípios afetados pela forte cheia de dezembro de 2008 apresentaram danos diversos, inclusive perdas humanas. Além das extensas áreas atingidas pela enchente, houve prejuízos no abastecimento urbano de água, interrupção no atendimento de energia elétrica, estradas e vias de acesso interditadas, e rompimento de diques e de barragens em várias regiões. Muitas das prefeituras municipais decretaram estado de emergência e de calamidade pública.

3.5 PARÂMETROS FISIAGRÁFICOS E RESULTADOS DA MODELAGEM HIDROLÓGICA

Diversas características físicas das bacias hidrográficas possibilitam avaliar seu maior ou menor potencial para geração de cheias, destacando-se as seguintes:

✓ Fator de Forma da bacia (F)

A forma da bacia hidrográfica é importante devido ao tempo de concentração (t_c), definido como o tempo, a partir do início da precipitação, para que toda a bacia correspondente passe a contribuir com a vazão na seção em estudo.

O fator de forma exprime a relação entre a largura média da bacia (área da bacia pelo comprimento) e o comprimento axial do curso d'água (desde a seção de controle ou estudo até o ponto mais longínquo do divisor de águas). A expressão matemática é:

$$F = \frac{Ad}{L^2}$$

Em que:

Ad é a área de drenagem da bacia hidrográfica, em km^2 ;

L é o comprimento axial da bacia hidrográfica, em km.

O fator de forma indica a maior ou a menor tendência para a ocorrência de enchentes em uma bacia. Uma bacia com valor de F baixo, ou seja, com o L grande, terá menor propensão a enchentes que outra com mesma área, porém com F maior. Isto significa que, numa bacia estreita e longa (F baixo), há menor possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda a sua extensão.

✓ Índice de Compacidade da bacia (Kc):

É a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de área igual à da bacia, dada pela expressão:

$$Kc = 0,282 \cdot \frac{P}{\sqrt{Ad}}$$

Sendo:

P o perímetro da bacia hidrográfica, em km;

Ad a área de drenagem da bacia hidrográfica, em km^2 .

Um coeficiente de compacidade próximo à unidade corresponde a uma bacia hidrográfica com configuração circular; quanto maior for o índice de compacidade da bacia, menos propensa à enchente é a unidade hidrográfica.

✓ Densidade de Drenagem da bacia (Dd):

A densidade de drenagem é expressa pela relação entre o comprimento total de todos os cursos d' água de uma bacia (sejam eles efêmeros, intermitentes ou perenes) e sua área total.

$$Dd = \sum_{i=1}^n \frac{li}{Ai} = \frac{Lt}{Ad}$$

Em que:

Lt é o comprimento total de todos os cursos d'água da bacia hidrográfica, em km;

Ad é a área de drenagem da bacia hidrográfica, em km^2 .

O valor da densidade de drenagem indica a eficiência da bacia hidrográfica no controle de cheias. Quanto maior o valor de Dd , menor probabilidade de ocorrência de enchentes.

Para o cálculo dos parâmetros descritos anteriormente, é necessário obter as grandezas área de drenagem (Ad), perímetro (P), comprimento do talvegue (L) e comprimento total de todos os cursos d'água que drenam a bacia (Lt). Essas grandezas foram calculadas para as sub-bacias dos rios Pomba e Muriaé com auxílio de um Sistema de Informações Geográficas.

Outras características das bacias hidrográficas também são muito relevantes para análise do seu potencial gerador de cheias: declividade bruta; Número de Curva (CN) e o tempo de concentração:

- ✓ Declividade Bruta: quociente entre o desnível das extremidades de montante e jusante do rio, ou de dois pontos quaisquer, e a extensão do curso d'água entre eles;
- ✓ CN (número de curva): indicador que permite avaliar as condições de permeabilidade do solo, que dependem de três fatores: umidade antecedente do solo, tipo de solo e grau de ocupação do solo. O valor do número de curva varia numa escala de 0 a 100, e retrata as condições de cobertura e de solo, variando desde uma cobertura muito permeável até uma cobertura completamente impermeável; e de um solo com grande capacidade de infiltração para um de baixa infiltração. Valores mais próximos de 100 favorecem o surgimento de escoamento superficial; os valores de CN adotados para a bacia do rio Paraíba do Sul foram expostos no relatório RP 01;
- ✓ Tempo de concentração (t_c): é um intervalo de tempo, geralmente representado em horas, necessário para que toda água precipitada na bacia hidrográfica passe a contribuir numa dada seção de controle.

A expressão matemática utilizada para o cálculo do tempo de concentração nas bacias hidrográficas dos rios Pomba e Muriaé foi a equação de Kirpich, mesma formulação adotada nos estudos de modelagem hidrológica (ver RP 01):

$$t_c = 0,066 \cdot \left(\frac{L}{i^{0,5}} \right)^{0,77}$$

Sendo:

L é o comprimento do talvegue principal da bacia, em m;

i é a declividade bruta da bacia, em m/m.

A seguir, analisam-se os valores obtidos para os parâmetros fisiográficos antes relacionados e os resultados da modelagem hidrológica apresentados no relatório RP 01, para as bacias dos rios Pomba e Muriaé, com o objetivo de identificar as sub-bacias e os afluentes que apresentam maior potencial para geração de cheias.

3.5.1 Bacia do Rio Pomba

No Quadro 3.3, são apresentados os parâmetros fisiográficos obtidos para as sub-bacias em que foi subdividida a bacia do rio Pomba, conforme anteriormente descrito no item 3.2.1.

QUADRO 3.3 – PARÂMETROS FISIográficos DAS SUB-BACIAS DO RIO POMBA

Unidade de Análise	Ad (km²)	P (km)	L (km)	Lt (km)	i (%)	CN*	tc (h)	KC	F	Dd (km/km²)
Rio Pomba Superior	2.373,11	413,96	167,02	5.436,29	0,24	72,77	34,43	2,40	0,09	2,29
Rio Novo	2.027,84	518,34	208,03	4.776,73	0,34	72,23	35,72	3,25	0,05	2,36
Rio Xopotó	1.294,30	283,61	70,61	2.800,64	0,21	73,76	18,71	2,22	0,26	2,16
Área de drenagem do rio Pomba até Cataguases	5.861,99	729,62	190,58	13.431,42	0,34	72,82	33,54	2,69	0,16	2,29
Área de drenagem do rio Pomba até Santo Antônio de Pádua	8.252,04	1.006,15	311,86	18.983,10	0,25	71,91	55,17	3,12	0,08	2,30
Bacia do Rio Pomba	8.610,13	1.062,02	341,95	19.772,00	0,17	71,78	68,70	3,23	0,07	2,30

*Fonte: Relatório RP 01

Elaboração ENGEORPS, 2011

No Quadro 3.4, são apresentadas as vazões máximas e específicas para os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos, com base nos estudos apresentados no relatório RP 01.

QUADRO 3.4 – RESULTADOS DA MODELAGEM HIDROLÓGICA

Unidade de Análise	TR = 25 anos		TR = 50 anos		TR = 100 anos	
	Vazão Máxima* (m³/s)	Vazão Específica (m³/s/km²)	Vazão Máxima* (m³/s)	Vazão Específica (m³/s/km²)	Vazão Máxima* (m³/s)	Vazão Específica (m³/s/km²)
Rio Pomba Superior	718,40	0,30	830,30	0,35	943,60	0,40
Rio Novo	485,70	0,24	562,40	0,28	640,0	0,32
Rio Xopotó	475,70	0,37	551,00	0,43	627,00	0,48
Área de drenagem do rio Pomba até Cataguases	1.584,20	0,27	1.836,20	0,31	2.091,90	0,36
Área de drenagem do rio Pomba até Santo Antônio de Pádua	2.101,20	0,25	2.430,70	0,29	2.765,00	0,34
Bacia do Rio Pomba	2.182,20	0,25	2.525,50	0,29	2.873,60	0,33

*Fonte: Relatório RP 01

Com base nos Quadros 3.3 e 3.4, verifica-se, pelos valores em negrito, que os parâmetros fisiográficos número de curva (*CN*), tempo de concentração (*t_c*), índice de compacidade (*KC*), fator de forma (*F*) e densidade de drenagem (*Dd*), assim como a vazão específica das unidades de análise Pomba Superior e Xopotó indicam maior potencial dessas unidades para gerar vazões caudalosas, comparativamente às demais unidades avaliadas, tais como a sub-bacia do rio Novo, que deságua no rio Pomba imediatamente a montante de Cataguases.

Portanto, esses resultados sugerem maior potencial das unidades de análise dos rios Xopotó e Pomba Superior para contribuir para a ocorrência de vazões extremas e, conseqüentemente, para os eventos de enchentes e alagamentos no município de Cataguases.

A jusante de Cataguases, os parâmetros fisiográficos indicam uma atenuação das vazões de cheia, pois os valores da vazão específica decrescem à medida que a seção de controle da bacia hidrográfica se aproxima da foz com o rio Paraíba do Sul.

Quando se analisa a gênese de cheias em Santo Antônio de Pádua, verifica-se que as contribuições incrementais para as vazões máximas originadas nas unidades hidrográficas localizadas entre Cataguases e o referido município apresentam acréscimos pouco expressivos, em comparação com as contribuições das sub-bacias localizadas na cabeceira da bacia do rio Pomba.

Portanto, é possível admitir que as ocorrências de cheias no município de Santo Antônio de Pádua possam ser atribuídas, também em grande medida, às sub-bacias do rio Xopotó e do rio Pomba Superior.

3.5.2 Bacia do Rio Muriaé

De acordo com o que foi exposto no item 3.2.2, as áreas da bacia do rio Muriaé situadas imediatamente a montante do desemboque do rio Carangola no rio Muriaé foram subdivididas nas seguintes unidades de análise: sub-bacia do Alto Muriaé; e sub-bacia do rio Carangola.

A sub-bacia do Alto Muriaé também foi subdividida em unidades hidrográficas menores, a fim de serem analisadas suas contribuições para a gênese de vazões de cheia nas sedes urbanas contempladas no SIEMEC:

- ✓ Área de drenagem do rio Muriaé Superior até Mirai;
- ✓ Rio Muriaé Superior;
- ✓ Sub-bacia do rio Preto;
- ✓ Sub-bacia do rio Glória;
- ✓ Área de drenagem do rio Muriaé até Laje do Muriaé.

Do mesmo modo, a sub-bacia do rio Carangola também foi subdividida em unidades hidrográficas menores, constituídas por áreas de drenagem contribuintes às sedes urbanas de Carangola, Tombos, Porciúncula e Natividade.

No Quadro 3.5, são apresentados os parâmetros fisiográficos obtidos para as unidades de análise em que foi subdividida a bacia do rio Muriaé, conforme anteriormente descrito.

QUADRO 3.5 – PARÂMETROS FISIográficos DAS SUB-BACIAS DO RIO MURIAÉ

Unidade de Análise	Ad (km²)	P (km)	L (km)	Lt (km)	i (%)	CN*	tc (h)	KC	F	Dd (km/km²)
Área de drenagem do rio Muriaé até Mirai	103,10	65,37	11,0	248,36	1,16	72,96	2,33	1,82	0,85	2,41
Rio Muriaé Superior	562,40	148,92	51,57	1.257,55	0,47	73,59	10,86	1,77	0,21	2,24
Rio Preto	501,40	162,57	42,21	1.174,05	0,47	70,76	6,42	2,05	0,28	2,34
Área de drenagem do rio Muriaé até Muriaé	1.125,40	212,57	59,74	2.627,22	0,42	73,64	12,71	1,79	0,32	2,33
Rio Glória	1.098,10	285,94	82,21	2.420,59	0,79	71,39	12,69	2,43	0,16	2,20
Área de drenagem do rio Muriaé até Laje do Muriaé	3.150,00	415,90	109,76	6.797,35	0,25	71,19	24,84	2,09	0,26	2,16
Alto Muriaé	3.670,90	474,75	149,86	7.767,45	0,21	70,36	33,30	2,21	0,16	2,16
Área de drenagem do rio Carangola até Carangola	766,10	243,56	34,18	1.568,64	0,68	71,39	6,84	2,48	0,66	2,05
Área de drenagem do rio Carangola até Tombos	1.105,00	296,52	79,18	2.319,25	0,49	70,84	14,77	2,52	0,18	2,10
Área de drenagem do rio Carangola até Porciúncula	1.323,80	316,83	95,08	2.813,28	0,45	70,85	17,58	2,46	0,15	2,13
Área de drenagem do rio Carangola até Natividade	1.539,90	338,98	114,88	3.244,75	0,41	70,78	21,15	2,44	0,12	2,11
Rio Carangola	2.031,40	414,38	154,18	4.141,84	0,34	70,34	28,50	2,59	0,09	2,04
Área de drenagem do rio Muriaé até Itaperuna	5.702,30	560,75	159,36	11.902,40	0,20	70,36	35,75	2,09	0,22	2,09
Área de drenagem do rio Muriaé até Italva	6.879,50	697,00	219,96	13.989,85	0,19	70,06	47,12	2,37	0,14	2,03
Área de drenagem do rio Muriaé até	7.243,10	731,92	235,66	14.690,26	0,18	69,93	50,33	2,43	0,13	2,03

Cardoso Moreira										
Bacia do Rio Muriaé	8.240,80	893,15	304,73	16.340,03	0,14	69,56	67,24	2,77	0,09	1,98

*Fonte: Relatório RP 01
Elaboração ENGECORPS, 2011

No Quadro 3.6, são apresentadas as vazões máximas e específicas para as mesmas unidades de análise para os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos, a partir dos estudos apresentados no relatório RP 01.

QUADRO 3.6 – RESULTADOS DA MODELAGEM HIDROLÓGICA

Sub-bacia	TR = 25 anos		TR = 50 anos		TR = 100 anos	
	Vazão Máxima* (m ³ /s)	Vazão Específica (m ³ /s/km ²)	Vazão Máxima* (m ³ /s)	Vazão Específica (m ³ /s/km ²)	Vazão Máxima* (m ³ /s)	Vazão Específica (m ³ /s/km ²)
Área de drenagem do rio Muriaé até Mirai	138,30	1,34	161,50	1,57	185,20	0,75
Rio Muriaé Superior	236,60	0,42	275,00	0,49	314,10	0,25
Rio Preto	219,10	0,44	257,50	0,51	297,10	0,25
Área de drenagem do rio Muriaé até Muriaé	451,60	0,40	528,70	0,47	607,60	0,23
Rio Glória	199,10	0,18	234,00	0,21	269,80	0,11
Área de drenagem do rio Muriaé até Laje do Muriaé	800,60	0,25	933,50	0,30	1.076,10	0,16
Alto Muriaé	981,00	0,27	1.147,30	0,31	1.313,90	0,17
Área de drenagem do rio Carangola até Carangola	301,50	0,39	354,70	0,46	409,20	0,26
Área de drenagem do rio Carangola até Tombos	336,50	0,30	396,80	0,36	459,20	0,20
Área de drenagem do rio Carangola até Porciúncula	401,10	0,30	474,00	0,36	548,40	0,19
Área de drenagem do rio Carangola até Natividade	551,60	0,36	646,50	0,42	743,60	0,23
Rio Carangola	644,90	0,32	756,40	0,37	870,20	0,21
Área de drenagem do rio Muriaé até	1.456,60	0,26	1.701,90	0,30	1.970,80	0,17

Itaperuna						
Área de drenagem do rio Muriaé até Italva	1.807,80	0,26	2.117,60	0,31	2.435,30	0,17
Área de drenagem do rio Muriaé até Cardoso Moreira	1.904,10	0,26	2.232,40	0,31	2.568,30	0,17
Bacia do Rio Muriaé	1.648,80	0,20	1.902,60	0,23	2.161,40	0,13

*Fonte: Relatório RP 01
Elaboração ENGECORPS, 2011

Com base nos Quadros 3.5 e 3.6, verifica-se, pelos valores em **negrito**, que os parâmetros fisiográficos número de curva (*CN*), tempo de concentração (*t_c*), índice de compacidade (*KC*), fator de forma (*F*) e densidade de drenagem (*Dd*), assim como a vazão específica indicam maior potencial para a geração de vazões caudalosas nas seguintes unidades de análise, localizadas nas regiões de cabeceiras das bacias dos rios Muriaé e Carangola:

- ✓ Na sub-bacia do Alto Muriaé:
 - ✧ Área de drenagem da bacia do rio Muriaé Superior até a cidade de Mirai;
 - ✧ Rio Muriaé Superior;
 - ✧ Rio Preto; e
 - ✧ Área de drenagem da bacia do rio Muriaé Superior até a cidade de Muriaé.
- ✓ Na sub-bacia do Rio Carangola:
 - ✧ Área de drenagem da bacia do rio Carangola até a cidade de Carangola; e
 - ✧ Área de drenagem da bacia do rio Carangola até a cidade de Tombos.

Os parâmetros fisiográficos da sub-bacia contribuinte até o município de Mirai indicam alta potencialidade para a ocorrência de vazões de cheia, na medida em que se verificam valores elevados para a declividade bruta (*i*), para o fator de forma (*F*) e para a vazão específica; e índices menores para o tempo de concentração (*t_c*), para a conformidade da sub-bacia (*KC*) e para a densidade de drenagem (*Dd*). Contudo, a ocorrência de eventos de cheias na cidade de Mirai não é muito freqüente, de acordo com os registros históricos disponíveis, muito provavelmente devido à configuração da área urbana e do trecho fluvial do rio Muriaé, que se apresenta encaixado nessa área.

De acordo com os dados apresentados nos Quadros 3.5 e 3.6, as unidades de análise rio Muriaé Superior e rio Preto também apresentam maior potencial para geração de cheias comparativamente às demais unidades avaliadas, tais como a sub-bacia do rio Glória.

Portanto, as áreas urbanas situadas na sub-bacia do Alto Muriaé (Muriaé e Laje do Muriaé) estão sujeitas à ocorrência de vazões de cheia, por influência, em grande medida, das unidades de análise rio Muriaé Superior e rio Preto.

No que se refere às cheias que ocorrem no município de Carangola, de acordo com os dados dos quadros anteriores, a área de drenagem do rio Carangola até esse município apresenta condição favorável para a ocorrência de vazões de cheia, uma vez que apresenta valores elevados para a declividade bruta, fator de forma e vazão específica; e índices menores para a densidade de drenagem, compacidade da sub-bacia e para o tempo de concentração.

A jusante do município de Carangola até a foz do rio Carangola no rio Muriaé, os parâmetros fisiográficos analisados e as vazões máximas e específicas mostram menor potencial para a geração de cheias.

Quando se analisa a gênese das cheias nos municípios de Tombos, Porciúncula e Natividade, observa-se que as contribuições parciais das unidades hidrográficas situadas entre Carangola e Natividade apresentam acréscimo pouco expressivo, em comparação com a contribuição da sub-bacia localizada na cabeceira da bacia do rio Carangola.

Portanto, os municípios situados na sub-bacia do rio Carangola (Carangola, Tombos, Porciúncula e Natividade) estão sujeitos à ocorrência de cheias por influência, em grande medida, da área de drenagem da sub-bacia do rio Carangola contribuinte à sede urbana de Carangola.

Com o objetivo de analisar o papel dos afluentes na geração de cheias nos municípios situados a jusante da foz do rio Carangola no rio Muriaé, isto é, para efeito de comparação específica entre as unidades de análise Alto Muriaé e Carangola foram avaliados os parâmetros fisiográficos dessas unidades (Quadro 3.7):

QUADRO 3.7 – PARÂMETROS FISIográficos DAS UNIDADES DE ANÁLISE ALTO MURIAÉ E CARANGOLA

Sub-Bacia	<i>i</i> (%)	<i>CN</i>[*]	<i>t_c</i> (h)	<i>KC</i>	<i>F</i>	<i>Dd</i> (km/km²)	<i>Vazão Específica</i> <i>TR=100</i>	<i>Potencialidade na gênese das cheias</i>
Alto Muriaé	0,21	70,36	33,30	2,21	0,16	2,12	0,17	Menor
Rio Carangola	0,34	70,34	28,50	2,59	0,08	2,04	0,21	Maior

*Fonte: Relatório RP 01

Elaboração ENGECORPS, 2011

Com base no Quadro 3.5, verifica-se (valores em negrito) que a sub-bacia do rio Carangola tem papel mais relevante na gênese das cheias que ocorrem nos municípios situados nos trechos médio e baixo do rio Muriaé, isto é, Itaperuna, Italva e Cardoso Moreira.

O município de Itaperuna, por localizar-se imediatamente a jusante da confluência do rio Carangola no rio Muriaé, apresenta maior susceptibilidade à ocorrência de cheias (em relação aos municípios de Italva e Cardoso Moreira), conforme indicam os parâmetros fator de forma e índice de compacidade das bacias de contribuição consideradas até a sua sede urbana.

3.6 CONCLUSÕES

A partir das análises efetuadas nos itens anteriores deste Capítulo 3, verifica-se que as características morfológicas e fisiográficas associadas aos eventos meteorológicos críticos potencializam a ocorrência de enchentes nos municípios contemplados no SIEMEC.

Os padrões e intensidades de uso e ocupação do solo, assim como as características fisiográficas e as vazões máximas específicas das unidades de análise adotadas (sub-bacias e áreas de drenagem contribuintes aos municípios do SIEMEC) sugerem que os episódios de enchentes registrados nas áreas urbanas de interesse devam-se, predominantemente, às vazões de cheia geradas nas regiões de cabeceiras das bacias hidrográficas dos rios Pomba e Muriaé.

Na bacia do rio Pomba, os rios Xopotó e Pomba Superior são apontados como os de maior potencial para a ocorrência de enchentes nos municípios de Cataguases e Santo Antônio de Pádua, tal como ocorrido em meados de dezembro de 2008.

Na bacia do rio Muriaé, os resultados obtidos indicam que o rio Carangola é preponderante na geração de vazões de cheia responsáveis pelas enchentes nos municípios de Carangola, Tombos, Porciúncula, Natividade, Itaperuna, Italva e Cardoso Moreira. Entretanto, a contribuição da sub-bacia do Alto Muriaé também favorece a ocorrência de cheias nas municipalidades situadas nos trechos do Médio e Baixo Muriaé.

Já os municípios localizados, em grande parte, na sub-bacia do Alto Muriaé (Miraí, Muriaé e Laje do Muriaé), estão submetidos à ocorrência de vazões de cheia por influência predominante da unidade de análise Rio Muriaé Superior.

Portanto, os rios Xopotó, Pomba Superior, Carangola e Muriaé Superior exercem papel importante nos eventos de cheia ocorrentes nas áreas urbanas localizadas nas bacias hidrográficas dos rios Pomba e Muriaé.

4. IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS NOS RIOS POMBA, MURIAÉ E CARANGOLA

No âmbito do presente estudo, o levantamento de pontos críticos (singularidades hidráulicas) torna-se necessário na medida em que eles podem exercer influência e interferir nos níveis d'água durante os eventos de cheia, provocando o agravamento da situação nas cidades a serem beneficiadas pelo SIEMEC.

Existem várias singularidades hidráulicas naturais ou artificiais, que operam como seções de controle e podem induzir curvas de remanso para montante, mesmo para vazões de cheias de baixa magnitude. Como singularidades naturais, podem-se citar:

- ✓ controles geológicos estruturais (soleiras rochosas, corredeiras, cachoeiras e curvas acentuadas);

- ✓ estrangulamento de calha; e
- ✓ confluências.

As singularidades artificiais decorrem, geralmente, da execução de obras de travessias em pontes e em bueiros, presença de barramentos (geralmente de centrais hidrelétricas) ou de aterros na planície de inundação.

De maneira geral, as singularidades hidráulicas existentes ao longo dos rios Pomba, Muriaé e Carangola caracterizam-se pela existência de corredeiras, soleiras rochosas, estrangulamentos de calha, presença de travessias em pontes e curvas acentuadas (cursos d'água meandantes em quase toda extensão). Há, também, confluências e benfeitorias muito próximas ao leito fluvial.

Com base no relatório R30 *"Coleta de Dados e Reconhecimento de Campo"* e com apoio dos resultados da modelagem hidrológica apresentadas no relatório parcial RP01 *"Estudo e Modelagem de Cheias e Geração dos Mapas de Inundação e do Perfil da Linha d'Água"*, os pontos críticos identificados nas bacias dos rios Pomba e Muriaé são:

- ✓ Ao longo do rio Pomba:
 - ✧ Município de Cataguases: curvas acentuadas, estrangulamento de calha, presença de corredeiras, soleira rochosa, confluência do rio Novo no rio Pomba (imediatamente a montante da área urbana), travessias em pontes (sobre o rio Pomba), travessias em pontes sobre o ribeirão Meia Pataca, que desemboca no rio Pomba (trecho urbano);
 - ✧ Município de Santo Antônio de Pádua: presença de corredeiras, soleira rochosa, travessias em pontes e curvas acentuadas a jusante da área urbana.
- ✓ Ao longo do rio Muriaé:
 - ✧ Município de Mirai: curvas acentuadas, estrangulamento de calha e travessias em pontes;
 - ✧ Município de Muriaé: curvas acentuadas, estrangulamento de calha, presença de corredeiras, benfeitorias muito próximas ao leito fluvial, confluência do rio Preto no rio Muriaé (trecho da área urbana), travessias em pontes e confluência do rio Glória no rio Muriaé imediatamente a jusante da área urbana;
 - ✧ Município de Laje do Muriaé: curvas acentuadas e travessias em pontes;
 - ✧ Município de Itaperuna: curvas acentuadas, estrangulamento de calha, soleiras rochosas, presença de corredeiras, benfeitorias muito próximas ao leito fluvial, travessias em pontes e confluência do rio Carangola no rio Muriaé imediatamente a montante da área urbana;
 - ✧ Município de Italva: curvas acentuadas, soleiras rochosas, presença de corredeiras, benfeitorias muito próximas ao leito fluvial e travessia em ponte;

- ✧ Município de Cardoso Moreira: curvas acentuadas, soleiras rochosas, presença de corredeiras, benfeitorias muito próximas ao leito fluvial e travessias em pontes.
- ✓ Ao longo do rio Carangola:
 - ✧ Município de Carangola: curvas acentuadas, estrangulamento de calha, benfeitorias muito próximas ao leito fluvial e travessias em pontes (trecho da área urbana);
 - ✧ Município de Tombos: estrangulamento de calha, presença de barragem da UHE Tombos (área urbana) e travessias em pontes;
 - ✧ Município de Porciúncula: curvas acentuadas, estrangulamento de calha e travessias em pontes;
 - ✧ Município de Natividade: curvas acentuadas, estrangulamento de calha, soleiras rochosas, presença de corredeiras, benfeitorias muito próximas ao leito fluvial e travessias em pontes.

As Figuras 4.1 a 4.6 mostram os pontos críticos identificados nas áreas urbanas ao longo dos rios Pomba, Muriaé e Carangola, respectivamente.

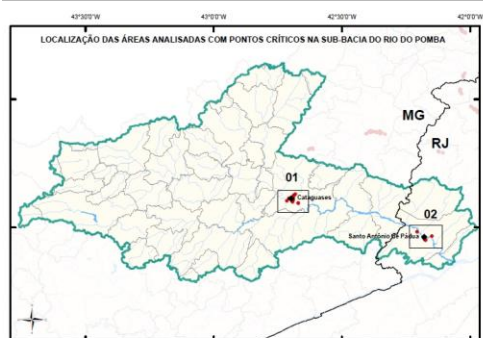
Figuras 4.1 a 4.6 – Pontos Críticos nas Bacias dos rios Pomba, Muriaé e Carangola



DETALHE 01-CATAGUAES



DETALHE 02-SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA



Legenda

- Limite Estadual
- Limite Municipal
- Sub-Bacia do Rio Pomba
- Hidrografia

Pontos Críticos

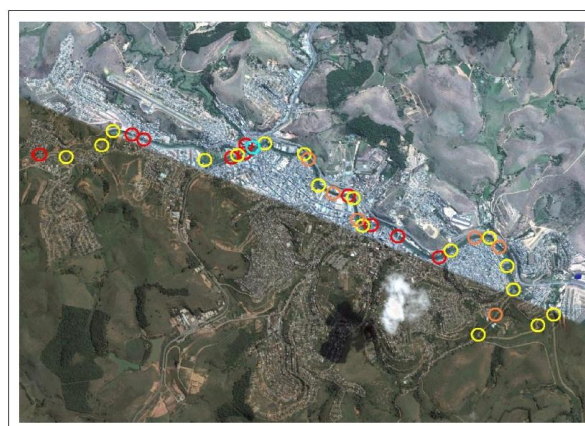
- Controle geológico
- Travessia em pontes
- Estrangulamento de calha
- Confluência
- Barragem

Fonte: Imagens Google Earth

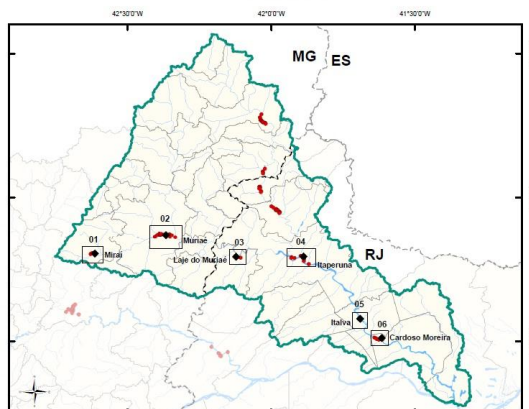
			
TEMA		Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul	
TÍTULO			
PONTOS CRÍTICOS NA SUB-BACIA DO RIO DO POMBA			
ESCALA	DATA	NUMERAÇÃO	
1/ escala	Dez/2011	Figura 4.1	



DETALHE 01- MIRAI



DETALHE 02-MURIAÉ



Legenda

- Limite Estadual
- Limite Municipal
- Sub-Bacia do Rio Muriaé
- Hidrografia

Pontos Críticos

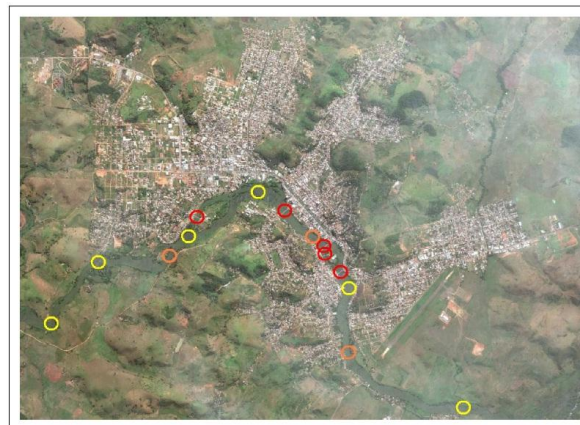
- Controle geológico
- Travessia em pontes
- Estrangulamento de calha
- Confluência
- Barragem

Fonte: Imagens Google Earth

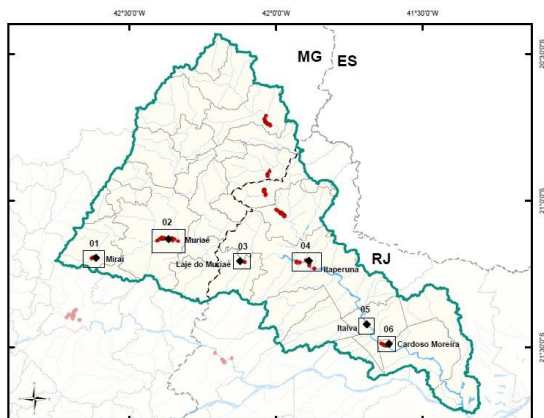
 ENGE CORPS		 ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS	
TEMA		Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul	
TÍTULO		PONTOS CRÍTICOS NA SUB-BACIA DO RIO MURIAÉ	
ESCALA	DATA	NUMERAÇÃO	
1/ escala	Dez/2011	Figura 4.2	



DETALHE 03-LAJE DO MURIAÉ



DETALHE 04-ITAPERUNA



Legenda

- Limite Estadual
- Limite Municipal
- Sub-Bacia do Rio Muriaé
- Hidrografia

Pontos Críticos

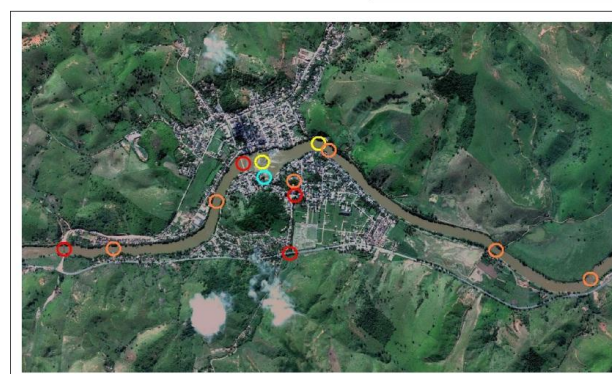
- Controle geológico
- Travessia em pontes
- Estrangulamento de calha
- Confluência
- Barragem

Fonte: Imagens Google Earth

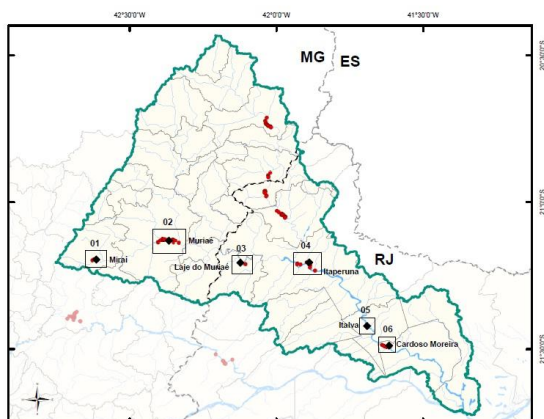
 ENGE CORPS		 ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS	
TEMA		Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul	
TÍTULO		PONTOS CRÍTICOS NA SUB-BACIA DO RIO MURIAÉ	
ESCALA	DATA	NUMERAÇÃO	
1/ escala	Dez/2011	Figura 4.3	



DETALHE 05-ITALVA



DETALHE 06-CARDOSO MOREIRA



Legenda

- Limite Estadual
- Limite Municipal
- Sub-Bacia do Rio Muriaé
- Hidrografia

Pontos Críticos

- Controle geológico
- Travessia em pontes
- Estrangulamento de calha
- Confluência
- Barragem

Fonte: Imagens Google Earth

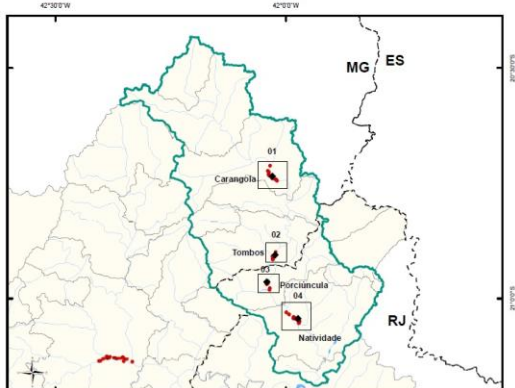
			
TEMA		Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul	
TÍTULO		PONTOS CRÍTICOS NA SUB-BACIA DO RIO MURIAÉ	
ESCALA	DATA	NUMERAÇÃO	
1/ escala	Dez/2011	Figura 4.4	



DETALHE 03- PORCIUNCULA



DETALHE 04- NATIVIDADE



Legenda

- Sub-Bacia do Rio Carangola
- Limite Estadual
- Hidrografia
- Limite Municipal

Pontos Críticos

- Controle geológico
- Travessia em pontes
- Estrangulamento de calha
- Confluência
- Barragem

Fonte: Imagens Google Earth

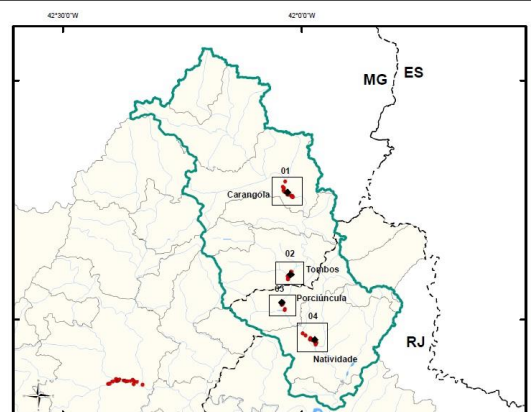
			
TEMA Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul			
TÍTULO PONTOS CRÍTICOS NA SUB-BACIA DO RIO CARANGOLA			
ESCALA	DATA	NUMERAÇÃO	
1/ escala	Dez/2011	Figura 4.6	



DETALHE 01- CARANGOLA



DETALHE 02- TOMBOS



Legenda

- Limite Estadual
- Limite Municipal
- Sub-Bacia do Rio Carangola
- Hidrografia

Pontos Críticos

- Controle geológico
- Travessia em pontes
- Estrangulamento de calha
- Confluência
- Barragem

Fonte: Imagens Google Earth

		 AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS	
TEMA Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul			
TÍTULO PONTOS CRÍTICOS NA SUB-BACIA DO RIO CARANGOL			
ESCALA a/ escala	DATA Dez/2011	NUMERAÇÃO Figura 4.5	

5. VISÃO INSTITUCIONAL DO PROBLEMA

A partir do levantamento de planos e projetos preexistentes, o presente capítulo aborda estudos anteriores desenvolvidos para as bacias dos rios Pomba e Muriaé, voltados, entre outros temas, à prevenção de cheias e ao disciplinamento do uso do solo nas municipalidades beneficiadas pelo SIEMEC.

5.1 ESTUDOS DESENVOLVIDOS PELAS MUNICIPALIDADES

Com relação a estudos e projetos desenvolvidos pelas municipalidades, cabe destacar que os municípios mineiros de Tombos e Mirai, e fluminenses de Porciúncula, Natividade, Cardoso Moreira, Italva e Laje do Muriaé são de pequeno porte, não ultrapassam 20 mil habitantes, e não possuem Planos Diretores ou algum Plano de Saneamento. O município de Carangola, apesar de ser de médio porte, também não dispõe de planos de desenvolvimento urbano ou algum plano setorial.

Os levantamentos efetuados por este trabalho, previamente apresentados no relatório R30, identificaram os estudos a seguir descritos, referentes a municípios inseridos nas bacias dos rios Pomba e Muriaé.

5.1.1 Planos de Desenvolvimento Urbano

Os Planos Diretores Municipais abordam, via de regra, diretrizes para o disciplinamento do uso do solo, para expansão urbana, critérios construtivos, orientações para as redes de saneamento básico e de transporte urbano, incluindo o mapeamento de zonas para usos específicos no perímetro urbano e respectivas definições.

O município de Cataguases possui um Plano Diretor Urbano, em vigor desde outubro de 2006, que apresenta, em linhas gerais, diretrizes da política de desenvolvimento territorial e urbano, ou seja, instruções para nortear ações dos prestadores de serviço público e privado. O capítulo das políticas setoriais engloba meio ambiente, saneamento e gestão de riscos geológicos. Já o de desenvolvimento socioeconômico visa à geração de emprego e renda, educação, saúde, segurança, esporte e lazer.

Esse Plano Diretor contempla também temas como habitação, sistema viário e circulação de pedestres e veículos, preservação ambiental, proteção e conservação do patrimônio cultural, apoio às artes e à cultura e conforto ambiental e eficiência energética. Além disso, o Plano traz instruções para o ordenamento territorial e sistema de planejamento e gestão do território. Importante ressaltar que o capítulo das Prioridades, apesar de não especificar diretrizes, o Plano aborda o reassentamento adequado das famílias residentes em áreas ambientalmente frágeis, principalmente, margens dos cursos d'água; cita a preferência pela execução de reassentamentos em terrenos mais próximos ou em locais que já possuem infraestrutura, equipamentos urbanos e transporte coletivo.

O município de Santo Antônio de Pádua também possui um Plano Diretor, vigente desde agosto de 2007. O capítulo referente ao Zoneamento Urbano determina diferentes zonas urbanas estabelecidas para atender às diretrizes gerais do Plano, e às específicas para a Macrozona de Desenvolvimento Urbano Sustentável, sendo que uma delas é a Zona de Proteção do Rio Pomba.

O principal objetivo dessa Zona é a implementação de uma estratégia de proteção e valorização do rio Pomba, sendo prevista a proibição de novos loteamentos, e sendo aceito apenas o desmembramento de lotes mínimos de 300 m²; novas construções devem estar localizadas, no mínimo, a 15 metros das margens do rio Pomba. Além disso, as áreas não urbanizadas dessa zona de proteção permanecerão sem construções e serão objeto de ações que contribuam para a proteção do rio Pomba, entre elas, a recomposição de matas ciliares.

O Plano Diretor do município de Itaperuna, de dezembro de 2007, contempla, em seu zoneamento, uma zona específica de Recuperação e Preservação do Rio Muriaé, que abrange todos os imóveis localizados entre o rio Muriaé e as vias mais próximas paralelas, existentes ou projetadas, inseridas na área urbana.

As diretrizes para uso e ocupação do solo na Zona de Recuperação e Preservação do Rio Muriaé foram determinadas para o controle do adensamento e recuperação e qualificação ambiental das margens do rio Muriaé. Assim, está permitida somente a implantação de equipamentos voltados para atividades de lazer ou necessários ao monitoramento e fiscalização da zona; outras ocupações estão proibidas.

O município de Muriaé também possui um Plano Diretor, vigente desde outubro de 2006, que inclui, em suas diretrizes, gerenciar e manter a qualidade dos recursos hídricos, promovendo a recuperação, preservação e monitoramento dos córregos, rios e áreas adjacentes, principalmente daqueles que abastecem o município, integrantes da bacia hidrográfica do rio Muriaé.

Além do Plano Diretor Municipal Urbano, Muriaé também dispõe de um Plano Municipal de Redução de Risco, que apresenta em detalhes as etapas, atividades e metodologias para reduzir o risco geológico, incluindo diagnóstico das áreas de ocupação irregular, indicações das intervenções estruturais e não estruturais necessárias, estimativa de custos e desenvolvimento e implantação de uma política pública municipal de gestão de riscos geológicos para áreas de ocupação precária.

O relatório da primeira etapa, que contém o detalhamento da metodologia e planejamento, foi concluído em dezembro de 2009; a segunda etapa abrange o mapeamento das áreas de risco geológico, tendo sido concluído o respectivo relatório em setembro de 2010; os relatórios da terceira etapa, finalizados em dezembro de 2010, apresentam as intervenções estruturais e não estruturais propostas.

5.1.2 Planos Setoriais de Saneamento

O único município que disponibilizou para a ENGEORPS um plano setorial da área de saneamento foi Itaperuna.

Esse plano contempla o memorial descritivo do projeto do Sistema de Drenagem de Águas Pluviais, cujas galerias projetadas têm duas funções básicas: aduzir as contribuições geradas na bacia e acumular os excessos de vazões geradas em situações desfavoráveis.

Também consta do referido projeto o memorial descritivo da Estação de Tratamento de Esgotos do bairro Vinhosa, que é dotada de Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente (UASB), Biofiltro Aerado Submerso (BF) e Decantador Secundário (DS), com uma eficiência de remoção de matéria orgânica superior a 90%.

Em setembro de 2007, a prefeitura municipal de Itaperuna concluiu o diagnóstico dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários, contemplando um relatório técnico, estimativa de custos (de investimentos necessários para ampliação e melhorias nos sistemas existentes), além de desenhos.

5.1.3 Estudos para Contenção de Cheias

O município de Muriaé dispõe do Estudo de Concepção das Soluções para Mitigação dos Problemas de Inundação do município, datado de abril de 2010, abrangendo a caracterização das cheias, estudos hidrológicos, estudo de hidráulica fluvial, análise de alternativas e um projeto conceitual das alternativas.

O relatório intitulado "*Concepção das Soluções para Mitigação dos Problemas de Inundação da Cidade de Muriaé*" foi desenvolvido pela Potamos Engenharia e Hidrologia Ltda. em 2010, para a Prefeitura Municipal de Muriaé. Esse documento apresenta o diagnóstico da situação de Muriaé, as causas e características gerais das enchentes ocorridas nos rio Muriaé e nos rios Preto e Glória, seus principais afluentes. Expõe, também, o estudo hidrológico e toda a metodologia utilizada para elaboração da análise das alternativas para soluções para redução das inundações ocorridas no município.

As alternativas consideradas mais viáveis consistem de intervenções estruturais, como a implantação de barragens de retenção de cheias e adequações na macrodrenagem, contemplando alargamento e aprofundamento das calhas fluviais dos rios que atravessam a área urbana do município.

O estudo propõe a implantação de uma barragem de retenção de cheias no rio Preto e outra no rio Muriaé, a montante da área urbana.

O local proposto para implantação da barragem no rio Preto oferece topografia favorável, em ponto em que o curso d'água é bem encaixado. Outra característica vantajosa é representada pelo fato da futura área alagada possuir ocupação por pastagens e abranger

apenas acessos secundários para as propriedades rurais; foi citada no estudo a necessidade de desapropriação de poucas edificações.

O local do eixo indicado no rio Muriaé possui uma topografia mais plana e na área que seria alagada existe um maior número de construções, além da presença de povoados e parte da rodovia que liga as cidades de Muriaé e Miraí. Por esses motivos, esse eixo foi considerado menos apropriado, devido ao grande impacto ambiental e econômico decorrente da implantação da obra.

Segundo o documento analisado, a prefeitura optou pela construção da barragem no rio Preto, associada a intervenções mais significativas no sistema de macrodrenagem de toda a região urbana considerada crítica, que se estende desde o início da área urbana no bairro Franco Suíço até a cachoeira do Rosário.

5.2 ESTUDOS DESENVOLVIDOS POR OUTRAS ENTIDADES

Além dos estudos desenvolvidos pelas municipalidades, descritos no tópico anterior, foram analisados também o “Plano Decenal de Expansão de Energia 2019” (PDEE), referente ao período 2010-2019, os dados do “Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico” (SIGEL, 2011) e o “Projeto Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul”, elaborado pelo Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente da COPPE/UFRJ em 2001/2002.

As análises realizadas tiveram o objetivo básico de verificar a indicação, pelos trabalhos e bancos de dados consultados, de obras para contenção de cheias e/ou para geração de energia elétrica nas bacias dos rios Pomba e Muriaé, complementando os trabalhos desenvolvidos pelas municipalidades e os estudos realizados diretamente pela ENGECORPS.

5.2.1 Plano Decenal de Expansão de Energia 2019 (PDEE)

O Plano Decenal de Expansão de Energia 2010 a 2019, elaborado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), responsável pela implementação de políticas para o Setor Energético e coordenação do planejamento energético nacional não apresenta previsão de futuras usinas para geração de energia hidrelétrica localizadas nos rios Pomba e Muriaé.

5.2.2 Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico (SIGEL)

O Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico - SIGEL é um banco de dados desenvolvido pela ANEEL, com o objetivo de possibilitar a consulta, via Web, de informações consistentes e atualizadas relativas ao Setor Elétrico.

Com base nas informações do banco de dados do SIGEL, consultado em novembro de 2011, foi elaborado o Quadro 5.1, que apresenta a relação atualizada de usinas existentes nos rios Pomba e Muriaé e o status de cada uma.

**QUADRO 5.1 - APROVEITAMENTOS E USINAS HIDRELÉTRICAS NAS BACIAS DOS RIOS
POMBA E MURIAÉ**

Localização		Aproveitamento ou Usina	Latitude	Longitude	Situação
Bacia	Rio				
Pomba	Rio Pomba	Usina Hidrelétrica Ituerê	-21.30	-43.21	Operação
		Aperibé	-21.63	-42.09	Projeto Básico
		Baltazar	-21.57	-42.15	Projeto Básico
		Cachoeira Alegre	-21.50	-42.22	Projeto Básico
		Paraoquena	-21.50	-42.27	Projeto Básico
		Estiva	-21.48	-42.28	Projeto Básico
		Bela Vista	-21.47	-42.33	Projeto Básico
		UHE Barra do Braúna	-21.45	-42.40	Operação
		Cataguases	-21.39	-42.72	Inventário
		Monte Cristo	-21.36	-42.75	Inventário
		Astolfo Dutra	-21.33	-42.75	Inventário
		Dona Eusébia	-21.34	-42.78	Inventário
		Ivan Botelho III (Ex-Triunfo)	-21.31	-42.91	Operação
		Zé Tunin (Barra dos Carrapatos)	-21.32	-42.95	Outorga
		Ivan Botelho II (Ex-Palestina)	-21.35	-42.97	Operação
		Ivan Botelho I (Ex-Ponte)	-21.38	-43.00	Operação
	Rio Novo	Laje	-21.47	-43.06	Projeto Básico
		Araci	-21.52	-42.94	Viabilidade
		Nova Maurício	-21.48	-42.85	Operação
		Maurício	-21.47	-42.84	Operação
	Rio Piau	Piau	-21.50	-43.37	Operação

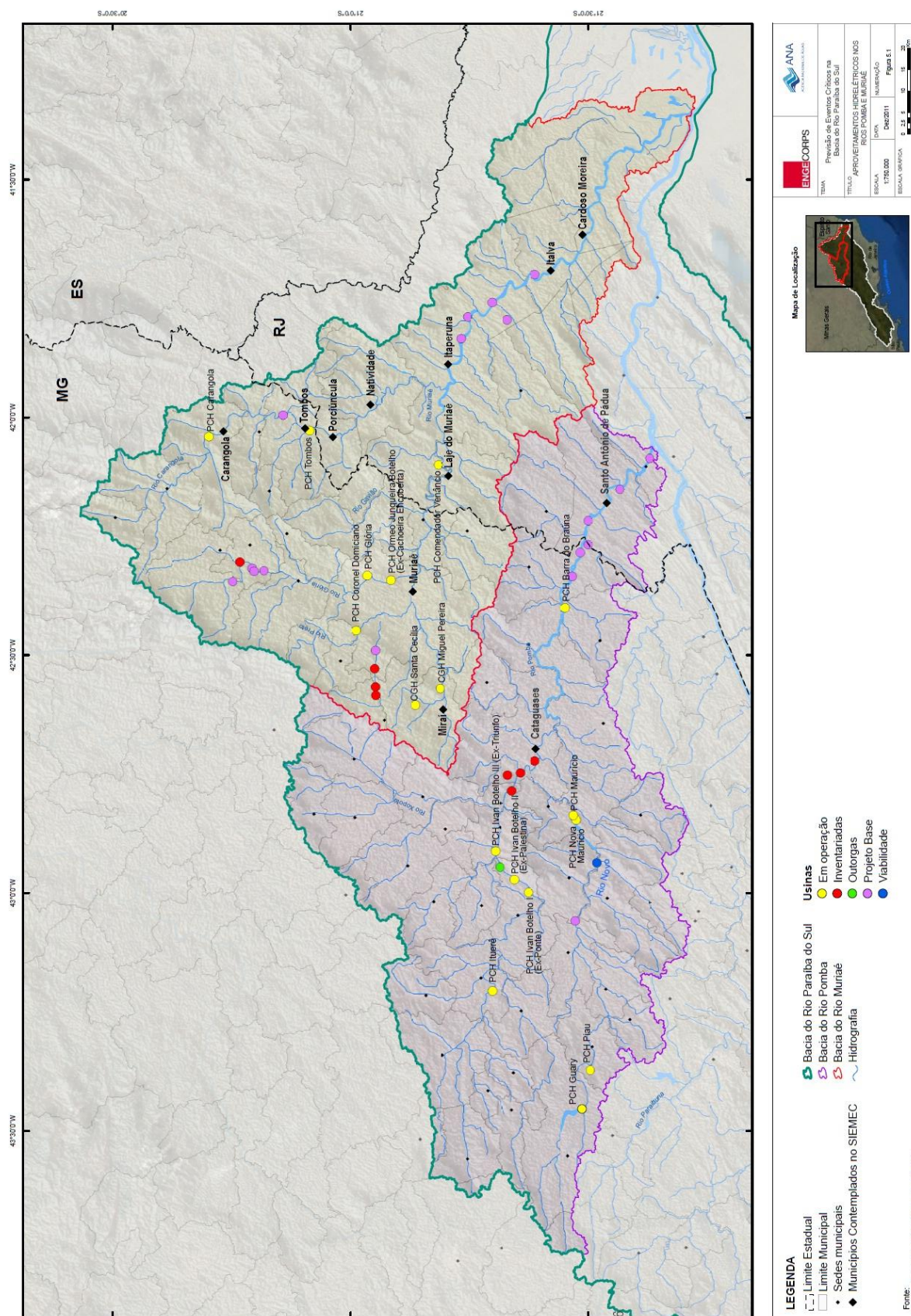
**QUADRO 5.2 - APROVEITAMENTOS E USINAS HIDRELÉTRICAS NAS BACIAS DOS RIOS
POMBA E MURIAÉ (CONTINUAÇÃO)**

Muriaé	Rio Muriaé	São Joaquim	-21.33	-41.79	Projeto Básico
		Paraíso	-21.30	-41.76	Projeto Básico
		Aré	-21.25	-41.79	Projeto Básico
		Italva	-21.39	-41.70	Projeto Básico
		Itaperuna	-21.23	-41.83	Projeto Básico
		Comendador Venâncio	-21.19	-42.10	Operação
		Miguel Pereira	-21.19	-42.57	Operação
	Rio Gloria	São Pedro	-20.75	-42.34	Projeto Básico
		Bicuíba	-20.77	-42.30	Inventário
		São Francisco da Glória	-20.79	-42.32	Projeto Básico
		Mariano	-20.80	-42.32	Projeto Básico
		Santa Cruz	-20.82	-42.32	Projeto Básico
		Ormeo Junqueira Botelho (Ex-Cachoeira Encoberta)	-21.09	-42.34	Operação
		Glória	-21.04	-42.33	Operação
	Rio Carangola	Tombos	-20.91	-42.03	Operação
		São Lourenço	-20.86	-41.99	Projeto Básico
		Carangola	-20.70	-42.04	Operação
	Rio Fumaça	Coronel Domiciano	-21.01	-42.45	Operação
	Rio Preto	Preto 1	-21.05	-42.49	Projeto Básico
		Preto 2	-21.05	-42.53	Inventário
		Preto 3	-21.05	-42.57	Inventário
		Preto 4	-21.05	-42.58	Inventário
	Rio Bom Sucesso	Santa Cecília	-21.14	-42.60	Operação

Fonte: www.sigel.aneel.gov.br (acesso em dezembro de 2011)

A Figura 5.1 apresenta a localização dos aproveitamentos hidrelétricos existentes e outros em seus diversos estágios de implantação.

Figura 5.1 – Aproveitamentos Hidrelétricos nos rios Pomba e Muriaé



5.2.3 Projeto Gestão de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

O Projeto Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul foi resultado de contrato celebrado, em 2001, entre a ANA e a Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisa e Estudos Tecnológicos (COPPETEC), instituição que apóia a realização de projetos da COPPE e demais unidades da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

O trabalho teve por objetivo básico desenvolver estudos e projetos com a finalidade de solidificar a implementação da gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, incluindo um Programa de Controle de Inundações, elaborado a partir da análise de eixos de aproveitamentos hidroelétricos inventariados pelo setor elétrico que ainda não haviam sido outorgados pela ANEEL, com potencial para usos múltiplos, avaliando a eficiência da utilização dessas barragens para amortecimento das cheias nas cidades de Patrocínio do Muriaé, Porciúncula, Itaperuna, Cardoso Moreira e Carangola.

Os eixos avaliados pela COPPE estão relacionados no Quadro 5.2, e as principais conclusões dos estudos, apresentadas na sequência.

QUADRO 5.3 - EIXOS AVALIADOS PELA COPPE

Rio	Eixos	Rio	Eixos
Pomba	Aperibé	Muriaé	Califórnia
	Baltasar		Italva
	Barca		Paraíso
	Barra dos Carrapatos		São Joaquim
	Bela Vista/Itapiruçu		Ilha Paraíso
	Bom Sucesso		Aré
	Bonito		Itaperuna
	Cachoeira Alegre		Retiro
	Cataguases		Patrocínio do Muriaé
	Coelhos/Gonçalves		Muriaé
	Estiva	Carangola	Travessão
	Frecheiras		São Lourenço
	Guarani		Cachoeira do Boi
	Monte Cristo		Santa Cruz
	Paraoquena	Glória	Mariano
Formoso	Conceição do Formoso		Bicuíba
	São Domingos		Cachoeira do Esaú
	Tabuleiro		São Pedro
Novo	Araci	Preto	Barragem de Controle de Cheias
	Laje		
	Ponte Furtado		
Xopotó	Xopotó		

Fonte: COPPE/UFRJ, 2003

Do conjunto de eixos investigados, foram selecionados para a cidade de Cataguases os eixos de Coelho/Gonçalves, Xopotó e Araci, considerados pela COPPE mais eficientes no amortecimento das cheias.

Para as cidades de Patrocínio do Muriaé, Porciúncula, Itaperuna e Cardoso Moreira, as avaliações da COPPE resultaram na indicação de apenas dois eixos, considerados com maior potencial de amortecimento de cheias, sendo eles Patrocínio do Muriaé e São Lourenço.

5.2.4 Análise dos Dados e Estudos Consultados

Considerando os dados disponíveis no SIGEL e os estudos elaborados pela COPPE, foi montado o Quadro 5.3, que relaciona os eixos selecionados no estudo da COPPE, os eixos presentes no banco de dados do SIGEL e não analisados pela COPPE e o eixo da barragem de controle de cheias do rio Preto, excluído no estudo da COPPE, porém, selecionado no estudo da Prefeitura Municipal de Muriaé, citado no item 5.1.3 deste relatório. Esses eixos foram avaliados pela ENGEORPS com vistas à sua eventual utilização para amortecimento de cheias.

QUADRO 5.4 - EIXOS AVALIADOS PELA ENGEORPS

Bacia	Rio	Eixo
Pomba	Pomba	Coelho/Gonçalves
		Dona Eusébia
	Xopotó	Xopotó
	Novo	Araci
Muriaé	Muriaé	Patrocínio do Muriaé
	Carangola	São Lourenço
	Preto	Barragem de Controle de Cheias
		Preto 1
		Preto 2
		Preto 3
		Preto 4
	Glória	São Francisco da Glória

Elaboração ENGEORPS, 2011

Para avaliação dos eixos, foram considerados os aproveitamentos hidroelétricos em fase de inventário, viabilidade e projeto básico, sendo excluídos, portanto, os aproveitamentos em operação. Os resultados da análise realizada são apresentados a seguir:

- ✓ O aproveitamento Dona Eusébia, no rio Pomba, está locado entre os municípios de Cataguases e Dona Eusébia, região com vasta ocupação urbana; assim, esta barragem é inviável para retenção de cheias, por resultar no alagamento de áreas densamente ocupadas;
- ✓ Dos eixos selecionados para a cidade de Cataguases no estudo da COPPE, o eixo de Coelho/Gonçalves se encontra em operação e corresponde à PCH de Itaperuna. Os

demais eixos, Xopotó e Araci, caso fossem implantados com Coelho/Gonçalves, produziriam um amortecimento de, no mínimo, 15% para uma recorrência centenária; 26% para uma recorrência ordinária e 33% para uma recorrência de 12 anos, de acordo com os estudos da COPPE. Dessa forma, os eixos de Araci e Xopotó serão analisados e pela ENGEORPS e avaliados quanto à sua eficiência;

- ✓ Para a bacia do rio Muriaé, de acordo com o estudo da COPPE, o eixo São Lourenço, no rio Carangola, localizado no município de Porciúncula, resultou numa significativa laminação, sendo capaz de amortecer as cheias dos anos de 1985 e 1997 que atingiram a cidade de Porciúncula, com eficiência para conter os níveis d'água na calha principal;
- ✓ De acordo com o Estudo da COPPE, o eixo de Patrocínio é capaz de reduzir as cheias de 1955 e 1997, na cidade de Patrocínio do Muriaé, em 60% e 41%, respectivamente;
- ✓ Os eixos Preto 1, Preto 2, Preto 3 e Preto 4, estão localizadas nas cabeceiras do rio Preto, assim como o eixo São Francisco do Glória, que está localizado na cabeceira do rio Pomba; portanto, o potencial de amortecimento de cheias desses eixos é pequeno, visto que as vazões afluentes aos locais dos barramentos são pequenas;
- ✓ A Barragem de Controle de Cheias do rio Preto foi descartada no estudo da COPPE; porém, como esse reservatório foi citado no estudo da Prefeitura Municipal de Muriaé como importante para o amortecimento das ondas de cheias na cidade de Muriaé, decidiu-se não excluí-lo do rol de possibilidades a serem consideradas pela ENGEORPS.

Portanto, os eixos a serem avaliados pela ENGEORPS provenientes dos estudos já realizados são Araci, Xopotó, Patrocínio do Muriaé, São Lourenço e a Barragem de Controle de Cheias do Rio Preto. Essa avaliação será apresentada no relatório P32, com vistas à seleção dos barramentos que serão objeto de serviços de cartografia e geofísica e posterior estudo de engenharia em nível de concepção.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E SITES CONSULTADOS

COPPE/UFRJ, Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente. Projeto Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul: Programa de Controle de Inundações. Rio de Janeiro, RJ. 2003.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EPE, Empresa de Pesquisa Energética. 2010. Plano Decenal de Expansão de Energia 2019. Brasília, DF. 2010.

PLANUM - PLANEJAMENTO E CONSULTORIA URBANA LTDA.; Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água e de Esgotos Sanitários do Município de Itaperuna - RJ. Volume I: Relatório Técnico e Estimativa de Custo. Setembro de 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CATAGUASES. Lei Nº 3546 de 10 de Outubro de 2006: Dispõe sobre o Plano Diretor Participativo de Cataguases, MG. Prefeitura Municipal de Cataguases.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAPERUNA. Lei Nº 403 de 27 de Dezembro de 2007: Dispõe sobre o Plano Diretor Participativo de Itaperuna, RJ. Prefeitura do Município de Itaperuna.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MURIAÉ. Lei Nº 3377 de 17 de Outubro de 2006: Dispõe sobre o Plano Diretor Participativo e o Sistema Municipal de Planejamento e Desenvolvimento de Muriaé, MG. Prefeitura do Município de Muriaé.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MURIEÁ / POTAMOS ENGENHARIA E HIDROLOGIA LTDA. 2010. Concepção das Soluções para Mitigação dos Problemas de Inundação da cidade de Muriaé, abril de 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA. Lei Nº 3147 de 09 de Agosto de 2007: Dispõe sobre o Plano Diretor de Santo Antônio de Pádua, RJ. Prefeitura Municipal de Santo Antônio de Pádua.

SOUZA, D. J. R., 1974. Hidrotécnica Continental. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ; Rio de Janeiro, 1974; 193 p.

WILKEN, P. S. 1978. Engenharia de Drenagem Superficial. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB; São Paulo, 1978; 478 p.

www.ceivap.org.br/Estudos. Acesso ao Programa de Controle de Inundação, em 06 de dezembro de 2011.

www.cptec.inpe.br. Acesso ao banco de imagens de satélite GOES-12, em 27 de outubro de 2011.

www.epe.gov.br/Estudos. Acesso ao Plano Decenal de Expansão de Energia, em 06 de dezembro de 2011.

www.iag.usp.br. Acesso ao material do curso de Meteorologia Sinótica, do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, em 19 de outubro de 2011.

www.oglobo.globo.com. Acesso ao banco de imagens de reportagens, em 31 de outubro de 2011.

www.sigel.aneel.gov.br. Acesso ao banco de informações em 05 de dezembro de 2011.





Ministério do
Meio Ambiente

