

**GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos  
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável  
Instituto Mineiro de Gestão das Águas

# **ESTRATÉGIAS PARA SEGURANÇA HÍDRICA EM MINAS GERAIS**

**Relatório final**

*Contrato nº 2241.01.01.008.2015 – junho de 2016*



## **APRESENTAÇÃO**

O governo do Estado de Minas Gerais, por meio do IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas, contratou a Rhama Consultoria Ambiental para o desenvolvimento do estudo sobre as Estratégias para a Segurança Hídrica de Minas Gerais. O contrato nº 2241.01.01008.2015 foi firmado em 23 de dezembro de 2015.

Este relatório é o final, que engloba o conteúdo dos anteriores, consolidando os estudos. Este relatório acumula o conteúdo do relatório anterior.

Porto Alegre, 30 de setembro de 2016

Prof. Dr. Carlos E. M. Tucci  
Rhama Consultoria Ambiental Ltda

# Sumário

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....                                                      | 17 |
| 1.1 ANTECEDENTES .....                                                   | 17 |
| 1.2 OBJETIVOS DO ESTUDO .....                                            | 18 |
| 1.3 RESUMO DO ESTUDO.....                                                | 19 |
| 2. CARACTERIZAÇÃO .....                                                  | 20 |
| 2.1 DADOS.....                                                           | 20 |
| 2.2 ESTUDOS ANTERIORES .....                                             | 20 |
| 2.2.1 Conjuntura dos Recursos Hídricos .....                             | 21 |
| 2.2.2 Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais | 22 |
| 2.2.3 Plano Nacional de Segurança Hídrica.....                           | 22 |
| 2.2.4 Atlas de Vulnerabilidade a Inundações .....                        | 23 |
| 2.2.5 Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado .....                   | 24 |
| 2.2.6 Plano Estadual de Recursos Hídricos.....                           | 24 |
| 2.2.7 Planos de Bacias Hidrográficas em Minas Gerais .....               | 25 |
| 2.2.8 Plano Estadual de Energia e Mudanças Climáticas .....              | 25 |
| 2.2.9 Atlas de Vulnerabilidade de Minas Gerais.....                      | 26 |
| 2.3 REDE DE MONITORAMENTO.....                                           | 27 |
| 2.3.1 Características gerais da rede existente .....                     | 27 |
| 2.3.2 Bacias Hidrográficas .....                                         | 28 |
| 2.3.3 Seleção de postos pluviométricos e fluviométricos.....             | 28 |
| 2.4 SOCIOECONOMIA.....                                                   | 29 |
| 2.4.1 População .....                                                    | 29 |
| 2.4.2 Distribuição Geográfica.....                                       | 29 |
| 2.4.3 Aspectos econômicos e sociais .....                                | 32 |
| 2.5 CONDICIONANTES AMBIENTAIS .....                                      | 34 |
| 2.5.1 Biomas .....                                                       | 34 |
| 2.5.2 Zoneamento Ecológico Econômico .....                               | 35 |
| 2.6 SETORES DE RECURSOS HÍDRICOS.....                                    | 36 |
| 2.6.1 Usos da água .....                                                 | 36 |
| 2.6.2 Saneamento Básico .....                                            | 36 |
| 2.6.3 Agropecuária.....                                                  | 40 |
| 2.6.4 Industrial.....                                                    | 40 |

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| 2.6.5 Mineração .....                                           | 41 |
| 2.6.6 Hidroenergia.....                                         | 41 |
| 2.6.7 Transporte.....                                           | 42 |
| 2.7 VULNERABILIDADE A QUALIDADE DA ÁGUA E MEIO AMBIENTE.....    | 42 |
| 2.7.1 Fontes de poluição.....                                   | 42 |
| 2.7.2 Monitoramento.....                                        | 43 |
| 2.7.3 Limitações .....                                          | 44 |
| 2.7.4 Vulnerabilidade .....                                     | 44 |
| 2.8 VULNERABILIDADE A EVENTOS CRÍTICOS .....                    | 45 |
| 2.8.1 Inundações.....                                           | 45 |
| 2.8.2 Disponibilidade hídrica.....                              | 47 |
| 2.8.3 Desastres.....                                            | 48 |
| 2.9 ASPECTOS INSTITUCIONAIS.....                                | 48 |
| 2.9.1 Aspectos legais.....                                      | 49 |
| 2.9.2 Aspectos Econômicos .....                                 | 51 |
| 2.9.3 Gestão.....                                               | 51 |
| 3. SEGURANÇA HÍDRICA.....                                       | 55 |
| 3.1 VULNERABILIDADE HÍDRICA .....                               | 55 |
| 3.1.1 Vulnerabilidade econômica, social e ambiental .....       | 55 |
| 3.1.2 Pressão da sociedade no meio ambiente.....                | 57 |
| 3.1.3 Incertezas na variabilidade das séries hidrológicas ..... | 58 |
| 3.2 SEGURANÇA HÍDRICA.....                                      | 59 |
| 3.2.1 Terminologia .....                                        | 59 |
| 3.2.2 Definição utilizada neste estudo .....                    | 59 |
| 3.2.3 Estrutura da gestão e a segurança hídrica .....           | 61 |
| 3.3 MEDIDAS DE REDUÇÃO DOS IMPACTOS.....                        | 62 |
| 3.3.1 Medidas Estruturais .....                                 | 62 |
| 3.3.2 Medidas não-estruturais.....                              | 62 |
| 3.4 GESTÃO DE RISCO .....                                       | 63 |
| 4. SÉRIES HIDROLÓGICAS .....                                    | 65 |
| 4.1 ESCALA DOS PROCESSOS HIDROLÓGICOS .....                     | 65 |
| 4.1.1 Variabilidade temporal.....                               | 65 |
| 4.1.2 Variabilidade espacial .....                              | 67 |
| 4.2 VARIABILIDADE CLIMÁTICA.....                                | 68 |
| 4.2.1 Tendência .....                                           | 68 |

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2.2 Variabilidade hidrológica no Brasil .....                  | 69  |
| 4.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS .....                                    | 72  |
| 4.3.1 Conceitos .....                                            | 72  |
| 4.3.2 Cenários e prognóstico global .....                        | 73  |
| 4.3.3 Agenda Internacional .....                                 | 77  |
| 4.3.4 Mecanismos.....                                            | 78  |
| 4.3.5 Programa Nacional de Adaptação .....                       | 79  |
| 4.4 USO DO SOLO.....                                             | 80  |
| 4.5 RISCOS HIDROLÓGICOS EM MINAS GERAIS.....                     | 82  |
| 4.5.1 Bacias e dados.....                                        | 82  |
| 4.5.2 Variabilidade sazonal.....                                 | 84  |
| 4.5.3 Variabilidade temporal e períodos secos .....              | 85  |
| 4.5.4 Eventos Extremos.....                                      | 91  |
| 4.5.5 Comentários.....                                           | 94  |
| 5. DIAGNÓSTICO: AVALIAÇÃO DAS VULNERABILIDADES.....              | 97  |
| 5.1 ESTRUTURA.....                                               | 97  |
| 5.2 VULNERABILIDADES .....                                       | 98  |
| 5.2.1 Períodos hidrológicos críticos .....                       | 98  |
| 5.2.2 Áreas urbanas.....                                         | 100 |
| 5.2.3 Sustentabilidade de áreas rurais .....                     | 102 |
| 5.3 INUNDAÇÕES.....                                              | 103 |
| 5.3.1 Impactos.....                                              | 103 |
| 5.3.2 Causas dos impactos .....                                  | 104 |
| 5.3.3 Gestão atual das inundações .....                          | 104 |
| 5.3.4 Diagnóstico das inundações.....                            | 105 |
| 5.4 DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....                                 | 106 |
| 5.4.1 Critérios e condicionantes da disponibilidade hídrica..... | 106 |
| 5.4.2 Potenciais riscos e suas causas.....                       | 107 |
| 5.4.3 Aspectos Institucionais.....                               | 107 |
| 5.4.4 Riscos de secas em Minas Gerais.....                       | 108 |
| 5.4.5 Diagnóstico sobre as secas .....                           | 110 |
| 5.5 QUALIDADE DA ÁGUA.....                                       | 110 |
| 5.5.1 Fontes dos impactos .....                                  | 110 |
| 5.5.2 Gestão dos impactos .....                                  | 111 |
| 5.5.3 Diagnóstico sobre qualidade da água.....                   | 112 |

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.6 DESASTRES E SEGURANÇA DE OBRAS HIDRÁULICAS .....                             | 112 |
| 5.6.1 Tipos de obras hidráulicas .....                                           | 112 |
| 5.6.2 Legislação e regulação .....                                               | 113 |
| 5.6.3 Estruturas no Estado e riscos .....                                        | 114 |
| 5.6.4 Diagnóstico sobre desastres .....                                          | 115 |
| 5.7 ASPECTOS INSTITUCIONAIS .....                                                | 115 |
| 5.7.1 Aspectos institucionais dos eventos críticos .....                         | 115 |
| 5.7.2 Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas .....                  | 117 |
| 5.7.3 Monitoramento .....                                                        | 118 |
| 5.7.4 Capacitação .....                                                          | 118 |
| 5.7.5 Diagnóstico .....                                                          | 119 |
| 6. ESTRATÉGIA .....                                                              | 120 |
| 6.1 ESTRUTURA DA SEGURANÇA HÍDRICA .....                                         | 120 |
| 6.2 ESTRUTURAÇÃO INSTITUCIONAL .....                                             | 122 |
| 6.2.1 Gestão Técnica .....                                                       | 122 |
| 6.2.2 Ações legais .....                                                         | 123 |
| 6.3 AÇÕES DE APOIO .....                                                         | 124 |
| 6.3.1 Mecanismos econômicos .....                                                | 124 |
| 6.3.2 Capacitação .....                                                          | 125 |
| 6.3.3 Ciência e Tecnologia .....                                                 | 127 |
| 6.3.4 Monitoramento e previsão .....                                             | 128 |
| 6.4 PROGRAMAS .....                                                              | 131 |
| 6.4.1 Inundações .....                                                           | 131 |
| 6.4.2 Programa de secas e estiagens .....                                        | 140 |
| 6.4.3 Programa de recuperação da qualidade da água .....                         | 145 |
| 6.4.4 Programa de operação de obras hidráulicas e segurança de<br>barragem ..... | 148 |
| 7. PLANO DE AÇÃO .....                                                           | 151 |
| 7.1. MEDIDAS EMERGENCIAIS .....                                                  | 151 |
| 7.1.1 Avaliação preliminar .....                                                 | 151 |
| 7.1.2 Atividades emergenciais .....                                              | 152 |
| 7.2 DISTRIBUIÇÃO NO TEMPO DAS MEDIDAS .....                                      | 152 |
| 7.3. METAS DO PLANO .....                                                        | 153 |
| 7.4 RESUMO DA ESTRATÉGIA .....                                                   | 154 |
| 7.5 AVALIAÇÃO ECONÔMICA .....                                                    | 158 |

|                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....                                                                 | 161 |
| 8.1 DIAGNÓSTICO .....                                                                              | 161 |
| 8.2 ESTRATÉGIA.....                                                                                | 163 |
| 8.3 RECOMENDAÇÕES .....                                                                            | 164 |
| ANEXO A - CARACTERÍSTICAS DA POPULAÇÃO POR MESO E MICRO REGIÃO DO ESTADO PARA O CENSO DE 2010..... | 168 |
| ANEXO B – TERMINOLOGIA .....                                                                       | 170 |
| B.1 INUNDAÇÃO .....                                                                                | 170 |
| B.2 SECAS, ESTIAGEM, DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....                                                  | 171 |
| B.3 RISCO E INCERTEZA .....                                                                        | 173 |
| B.4 ELASTICIDADE HIDROLÓGICA .....                                                                 | 173 |
| ANEXO C – SEGURANÇA DE BARRAGEM.....                                                               | 175 |
| C.1 TIPOS DE BARRAGENS OU RESERVATÓRIOS.....                                                       | 175 |
| C.2 TIPOS DE FALHAS .....                                                                          | 175 |
| C.3 HISTÓRICO DE FALHAS DE BARRAGENS DE ÁGUA .....                                                 | 178 |
| C.4 HISTÓRICO DE FALHAS DE BARRAGENS DE MINERAÇÃO.....                                             | 180 |
| ANEXO D – DADOS HIDROLÓGICOS .....                                                                 | 183 |
| ANEXO E – GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E DAS CIDADES.....                                           | 215 |
| E.1 IMPACTOS.....                                                                                  | 215 |
| E.2 ESPAÇOS DE GESTÃO .....                                                                        | 215 |
| E.3 LEGISLAÇÃO DE SANEAMENTO PARA AS CIDADES .....                                                 | 216 |
| ANEXO F – TERMINOLOGIA SOBRE DESASTRES .....                                                       | 218 |
| ANEXO G – MUNICÍPIOS QUE DECLARARAM EMERGÊNCIA E CALAMIDADE EM INUNDAÇÕES .....                    | 219 |
| ANEXO H – MUNICÍPIOS QUE DECLARARAM EMERGÊNCIA E CALAMIDADE EM SECAS .....                         | 235 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Estudos Selecionados .....                                                                                                                                                             | 21 |
| Tabela 2 - Vulnerabilidade a inundações (ANA, 2014) .....                                                                                                                                         | 23 |
| Tabela 3 - Planos de Bacia concluídos em Minas Gerais (IGAM, 2016) .....                                                                                                                          | 26 |
| Tabela 4 - Principais entidades que monitoram dados no Estado de Minas Gerais .....                                                                                                               | 27 |
| Tabela 5 - Bacias hidrográficas da base de dados da ANA .....                                                                                                                                     | 28 |
| Tabela 6 - Postos Fluviométricos selecionados para análise .....                                                                                                                                  | 30 |
| Tabela 7 - Postos Pluviométricos selecionados para análise .....                                                                                                                                  | 31 |
| Tabela 8 - Distribuição das cidades por população (censo de 2010) .....                                                                                                                           | 32 |
| Tabela 9 - Área das regiões e o número de municípios do Estado.....                                                                                                                               | 32 |
| Tabela 10 - Biomas brasileiros e participação na área do Brasil .....                                                                                                                             | 34 |
| Tabela 11 - Demanda de água em Minas Gerais (IGAM, 2011) .....                                                                                                                                    | 36 |
| Tabela 12 - Indicadores de Água e Esgoto em Minas Gerais (SNIS, 2014). .....                                                                                                                      | 38 |
| Tabela 13 - Proporção das cidades que preencheram os formulários quanto a prestação de serviço (%) .....                                                                                          | 38 |
| Tabela 14 - Impactos (SEMAD, 2015) .....                                                                                                                                                          | 46 |
| Tabela 15 - Seleção de algumas Legislações e regulamentações <sup>1</sup> .....                                                                                                                   | 49 |
| Tabela 16 - Distribuição dos recursos da legislação de compensação <sup>1</sup> (fonte: <a href="http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=42">http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=42</a> ..... | 51 |
| Tabela 17 - Impactos relacionados a águas urbanas e suas vulnerabilidades..                                                                                                                       | 57 |
| Tabela 18 - Escalas dos processos hidrológicos (Becker, 1992). .....                                                                                                                              | 67 |
| Tabela 19 - Resumo das características observadas <sup>1</sup> .....                                                                                                                              | 71 |
| Tabela 20 - Efeito Estufa e seus impactos.....                                                                                                                                                    | 72 |
| Tabela 21 - Cenários do IPCC (SRES, 2000). .....                                                                                                                                                  | 73 |
| Tabela 22 - Mudança de temperatura e do nível do mar no final do século 21. Adaptado de (IPCC, 2007).....                                                                                         | 74 |
| Tabela 23 - Bacias que cobrem Minas Gerais.....                                                                                                                                                   | 83 |
| Tabela 24 - Postos com séries longas para avaliação das cheias.....                                                                                                                               | 94 |
| Tabela 25 - Síntese dos períodos secos nas macrobacias .....                                                                                                                                      | 95 |



|                                                                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 26 - Indicadores de anos úmidos e secos. Os valores da tabela são: $Q_i/Q_m$ , onde $Q_i$ é a vazão média anual e $Q_m$ é a vazão média anual de longo período. .... | 100 |
| Tabela 27 - Características das vazões médias e mínimas regionais.....                                                                                                      | 109 |
| Tabela 28 - Estimativa da probabilidade de rompimento em um ano qualquer e em 10 anos de pelo menos uma barragem com base no total de barragens .....                       | 114 |
| Tabela 29 - Caracterização dos cursos de capacitação.....                                                                                                                   | 126 |
| Tabela 30 - Ações previstas na estratégia de segurança hídrica.....                                                                                                         | 155 |
| Tabela 31 - Estimativa de Custos das Atividades. ....                                                                                                                       | 159 |
| Tabela 32 - Distribuição dos principais investimentos por cidades .....                                                                                                     | 160 |
| Tabela 33 - População em 1000 das regiões de Minas Gerais .....                                                                                                             | 168 |
| Tabela 34 - Distribuição do rompimento de barragens por continente (Azam e Li, 2010). ....                                                                                  | 182 |
| Tabela 35 - Distribuição do rompimento de acordo com a causa.....                                                                                                           | 182 |
| Tabela 36 - Espaço de Gestão das águas urbanas (Tucci, 2007) .....                                                                                                          | 216 |
| Tabela 37 - Nomenclatura usada nas tabelas de inundações .....                                                                                                              | 219 |
| Tabela 38 - Situação na bacia do Doce .....                                                                                                                                 | 219 |
| Tabela 39 - Bacia do Grande.....                                                                                                                                            | 225 |
| Tabela 40 - Outras Bacias .....                                                                                                                                             | 226 |
| Tabela 41 - Jequitinhonha.....                                                                                                                                              | 227 |
| Tabela 42 - Mucuri .....                                                                                                                                                    | 228 |
| Tabela 43 - Rio Paraíba do Sul .....                                                                                                                                        | 229 |
| Tabela 44 - S. Francisco.....                                                                                                                                               | 230 |
| Tabela 45 - Rio São Mateus.....                                                                                                                                             | 233 |
| Tabela 46 - Nomenclatura usada nas tabelas de inundações .....                                                                                                              | 235 |
| Tabela 47 - Eventos de Secas e Estiagens .....                                                                                                                              | 235 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Rede de Monitoramento no Estado por instituição (fonte: IGAM). .....                                                                                                                                                                                                                                              | 27 |
| Figura 2: Divisões geográficas no estado de Minas Gerais (fonte: IGAM). .....                                                                                                                                                                                                                                               | 33 |
| Figura 3: Divisão geográfica e de territórios de Desenvolvimento. ....                                                                                                                                                                                                                                                      | 33 |
| Figura 4: Municípios com pelo menos 1 evento de inundação nos últimos 5 anos (IBGE, 2010). ....                                                                                                                                                                                                                             | 39 |
| Figura 5: Número de cidades atingidas por desastres por chuva em Minas Gerais (fonte: SEMAD, 2015). ....                                                                                                                                                                                                                    | 46 |
| Figura 6: Municípios com destaque nas inundações em 2014/2015 (SEMAD, 2015). ....                                                                                                                                                                                                                                           | 47 |
| Figura 7: Situação do abastecimento Urbano em Minas Gerais (ANA, 2015b)..                                                                                                                                                                                                                                                   | 48 |
| Figura 8: Estrutura da gestão do IGAM .....                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 54 |
| Figura 9: Estrutura da gestão de recursos hídricos e segurança hídrica.....                                                                                                                                                                                                                                                 | 61 |
| Figura 10: Fluxo horário das ações sobre o evento (WWAP, 2006). ....                                                                                                                                                                                                                                                        | 64 |
| Figura 11: Escala dos processos Hidroclimáticos (Mediondo e Tucci, 1997). ....                                                                                                                                                                                                                                              | 66 |
| Figura 12: Aumento dos desastres naturais devido a causas hidrometeorológicas no século 20. (ISDR, 2005).....                                                                                                                                                                                                               | 69 |
| Figura 13: Cenários de emissões de GEE na ausência de políticas climáticas adicionais: seis cenários ilustrativos e faixa de percentil 80 <sup>th</sup> de cenários recentes (IPCC, 2007). ....                                                                                                                             | 74 |
| Figura 14: Aumento da temperatura baseado nos cenários (IPCC, 2007.) .....                                                                                                                                                                                                                                                  | 75 |
| Figura 15: Média de quinze-modelos (a) precipitação (%); (b) umidade do solo (%); (c) escoamento (%) e (d) evapotranspiração (%). As mudanças são médias anuais: cenário A1B, período 2080–2099 relativas a 1980–1999 (Bates et al., 2008). ....                                                                            | 76 |
| Figura 16: Estatísticas das projeções de escoamento médio anual de 21 modelos climáticos (vermelho indica as regiões em que mais de 66% dos 21 modelos climáticos o escoamento irá diminuir em 2050, e azul indica regiões onde 66% dos modelos estimam que escoamento irá aumentar em 2050 - Arnell e Gosling, 2013). .... | 76 |
| Figura 17: Relação entre precipitação anual e vazão anual para a bacia incremental de Itaipu para os períodos observados antes e depois de desmatamento e alteração do uso do solo na bacia. (Tucci, 2007) .....                                                                                                            | 81 |
| Figura 18: Postos pluviométricos e fluviométricos utilizados na análise .....                                                                                                                                                                                                                                               | 83 |

|                                                                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 19: variação das precipitações adimensionais de todos os postos no estado de Minas Gerais selecionados no estudo.....                                         | 84  |
| Figura 20: Variabilidade interanual das precipitações e vazões selecionadas na bacia 40 – Alto São Francisco.....                                                    | 85  |
| Figura 21: Precipitações adimensionais do posto 2043002.....                                                                                                         | 86  |
| Figura 22: Precipitações adimensionais do posto 1943023.....                                                                                                         | 87  |
| Figura 23: Vazões adimensionais do posto 42290000.....                                                                                                               | 88  |
| Figura 24: Precipitações adimensionais no posto 1645000, na bacia 43.....                                                                                            | 88  |
| Figura 25: Vazões adimensionais no posto 4320000.....                                                                                                                | 89  |
| Figura 26: Vazões adimensionais do posto 5415000.....                                                                                                                | 90  |
| Figura 27: Vazões adimensionais do posto 01642013.....                                                                                                               | 90  |
| Figura 28: Vazões adimensionais do posto 56750000.....                                                                                                               | 91  |
| Figura 29: Vazões adimensionais do posto 60150000.....                                                                                                               | 92  |
| Figura 30: Variabilidade adimensional das vazões o posto 61770000.....                                                                                               | 92  |
| Figura 31: Vazões adimensionais máximas das postos da tabela 24 relativas a 3 diferentes macrobacias de Minas Gerais.....                                            | 93  |
| Figura 32: Estrutura da Gestão de Eventos Críticos e Segurança Hídrica.....                                                                                          | 98  |
| Figura 33: Cidades em Minas Gerais com pelo menos 100 mil habitantes.....                                                                                            | 101 |
| Figura 34: Estrutura da Gestão de Disponibilidade e demanda hídrica.....                                                                                             | 106 |
| Figura 35: Estrutura da Estratégia de Segurança Hídrica para Minas Gerais ....                                                                                       | 121 |
| Figura 36: Estrutura do Programa de Inundações.....                                                                                                                  | 134 |
| Figura 37: Fluxograma das Ações.....                                                                                                                                 | 157 |
| Figura 38: Características do leito menor e leito maior dos rios.....                                                                                                | 170 |
| Figura 39: Variabilidade de anomalias de precipitação ( $P/P_m$ ), Evaporação ( $E/E_m$ ) e Vazão ( $Q/Q_m$ ) de um afluente do rio Uruguai (rio Faxinal).....       | 174 |
| Figura 40: Barragens de água e minérios.....                                                                                                                         | 175 |
| Figura 41: Típica evolução de falha de uma barragem por galgamento ou "overtopping" (HEC, 2014).....                                                                 | 177 |
| Figura 42: Evolução da falha de uma barragem causada por galgamento ou overtopping em vista esquemática frontal da barragem (adaptado de Johnson e Illes, 1976)..... | 177 |
| Figura 43: Típica evolução de falha de uma barragem por "piping" ou entubamento (HEC, 2014).....                                                                     | 179 |

|                                                                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 44: Evolução da falha de uma barragem causada por entubamento ou “piping” em vista esquemática frontal da barragem (adaptado de Johnson e Illes, 1976). ..... | 179 |
| Figura 45: Distribuição dos rompimentos de barragens Azam e Li (2010). .....                                                                                         | 181 |
| Figura 46: Variação sazonal do posto 16400000 .....                                                                                                                  | 183 |
| Figura 47: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 16400000. ....                                                                     | 183 |
| Figura 48: Variação sazonal do posto 1642013. ....                                                                                                                   | 184 |
| Figura 49: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 1642013. ....                                                                      | 184 |
| Figura 50: Variação sazonal do posto 1645000 .....                                                                                                                   | 185 |
| Figura 51: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 16450000. ....                                                                     | 185 |
| Figura 52: Variação sazonal do posto 16450020 .....                                                                                                                  | 186 |
| Figura 53: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 16450020. ....                                                                     | 186 |
| Figura 54: Variação sazonal do posto 17460010 .....                                                                                                                  | 187 |
| Figura 55: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 17460010. ....                                                                     | 187 |
| Figura 56: Variação sazonal do posto 17460020 .....                                                                                                                  | 188 |
| Figura 57: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 17460020. ....                                                                     | 188 |
| Figura 58: Variação sazonal do posto 18420070. ....                                                                                                                  | 189 |
| Figura 59: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 18420070 .....                                                                     | 189 |
| Figura 60: Variação sazonal do posto 18470010. ....                                                                                                                  | 190 |
| Figura 61: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 18470010. ....                                                                     | 190 |
| Figura 62: Variação sazonal do posto 18470030. ....                                                                                                                  | 191 |
| Figura 63: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 18470030. ....                                                                     | 191 |
| Figura 64: Variação sazonal do posto 194001 .....                                                                                                                    | 192 |
| Figura 65: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 1940012. ....                                                                      | 192 |

|                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 66: Variação sazonal do posto 1943023. ....                                               | 193 |
| Figura 67: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 1943023. ....  | 193 |
| Figura 68: Variação sazonal do posto 1944004 .....                                               | 194 |
| Figura 69: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 1944004. ....  | 194 |
| Figura 70: Variação sazonal do posto 194400.....                                                 | 195 |
| Figura 71: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 1944007. ....  | 195 |
| Figura 72: Variação sazonal do posto 2043002 .....                                               | 196 |
| Figura 73: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 2043002 .....  | 196 |
| Figura 74: Variação sazonal do posto 2045004 .....                                               | 197 |
| Figura 75: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 2045004. ....  | 197 |
| Figura 76: Variação sazonal do posto 2048004 .....                                               | 198 |
| Figura 77: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 2048004. ....  | 198 |
| Figura 78: Variação sazonal do posto 40050000. ....                                              | 199 |
| Figura 79: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 40050000. .... | 199 |
| Figura 80: Variação sazonal do posto 40050000. ....                                              | 200 |
| Figura 81: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 40050000. .... | 200 |
| Figura 82: Variação sazonal do posto 40050000. ....                                              | 201 |
| Figura 83: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 40050000. .... | 201 |
| Figura 84: Variação sazonal do posto 41818000 .....                                              | 202 |
| Figura 85: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 41818000 ..... | 202 |
| Figura 86: Variação sazonal do posto 42290000 .....                                              | 203 |
| Figura 87: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 42290000 ..... | 203 |
| Figura 88: Variação sazonal do posto 42690000 .....                                              | 204 |

|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 89: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 42690000 .....  | 204 |
| Figura 90: Variação sazonal do posto 43200000 .....                                               | 205 |
| Figura 91: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 43200000 .....  | 205 |
| Figura 92: Variação sazonal do posto 43880000 .....                                               | 206 |
| Figura 93: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 43880000 .....  | 206 |
| Figura 94: Variação sazonal do posto 54150000 .....                                               | 207 |
| Figura 95: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 54150000 .....  | 207 |
| Figura 96: Variação sazonal do posto 54195000 .....                                               | 208 |
| Figura 97: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 54195000 .....  | 208 |
| Figura 98: Variação sazonal do posto 56750000 .....                                               | 209 |
| Figura 99: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 56750000 .....  | 209 |
| Figura 100: Variação sazonal do posto 56750000 .....                                              | 210 |
| Figura 101: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 56750000 ..... | 210 |
| Figura 102: Variação sazonal do posto 60010000 .....                                              | 211 |
| Figura 103: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 60010000 ..... | 211 |
| Figura 104: Variação sazonal do posto 60150000 .....                                              | 212 |
| Figura 105: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 60150000 ..... | 212 |
| Figura 106: Variação sazonal do posto 61537000 .....                                              | 213 |
| Figura 107: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 61537000 ..... | 213 |
| Figura 108: Variação sazonal do posto 6177000 .....                                               | 214 |
| Figura 109: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 6177000 .....  | 214 |

## LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas  
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica  
CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais  
CIM – Comitê Interministerial sobre Mudança Climática  
CFC – Clorofluorcarbono  
CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono  
COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental  
COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais  
CERH-MG - Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais  
CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos  
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente  
CONPDEC - Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil  
COP - Conferência das Partes de Convenção do Clima  
CT - Contaminação por Tóxicos  
DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral  
ECP – Estado de Calamidade Pública  
ENSO - *El Niño* – *Southern Oscillation*  
FHIDRO - Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais  
FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente  
FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos.  
GCM – Modelos Globais climáticos  
GEE – Gases de Efeito Estufa  
GEX – Grupo Executivo do CIM  
GT Adaptação – Grupo de Trabalho  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IET - Índice de Estado Trófico  
IGAM – Instituto Mineiro das Águas  
INC - Comitê Intergovernamental de Negociação para uma Convenção sobre Mudanças Climáticas  
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia  
IPCC – International Panel of Climate Change  
IQA - Índice de Qualidade de Água  
MCT - Ministério de Ciência e Tecnologia  
MDL – Mecanismos de Desenvolvimento Limpo

MMA – Ministério de Meio Ambiente  
MME – Ministério de Minas e Energia  
MG – Minas Gerais  
NAPA – Programa Nacional de Ação e Adaptação  
PAE – Plano de Ação de Emergência  
PEMC-Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas Gerais  
PIB – Produto Interno Bruto  
PMDI - Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado  
PNMC – Plano Nacional sobre Mudança Climática  
PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico  
PNSB – Política Nacional de Segurança de Barragem  
PNSH – Plano Nacional de Segurança Hídrica  
PSB – Plano de Segurança de Barragem  
PNPDEC - Política Nacional de Proteção e Defesa Civil  
SAAEs - Serviços Autônomos de Água e Esgoto  
SE – Situação de Emergência  
SEMADE – Secretaria Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.  
SINPDEC - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil  
SNIS – Sistema Nacional de Informações em Saneamento  
UPGRH - Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos  
TAR – Tarifa Atualizada de Referência  
ZEE – Zoneamento Ecológico Econômico



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 ANTECEDENTES

O estado de Minas Gerais está sujeito a frequentes impactos relacionados com os extremos climáticos, pela falta ou excesso de água, além da possibilidade de desastres relacionados com a gestão de obras hidráulicas. Na seca recente de 2014-2015, o Estado teve vários locais que chegaram ao limite da disponibilidade hídrica e, no final de 2015, ocorreu o rompimento da barragem da Samarco, em Mariana, trazendo diversos impactos sociais, econômicos e ambientais na bacia do rio Doce.

A lei nacional de recursos hídricos, de janeiro de 1997<sup>1</sup>, estabeleceu como um dos objetivos da gestão dos recursos hídricos *“a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais”*<sup>2</sup>. Apesar da existência deste objetivo na Seção I da referida legislação, os artigos 6º, 7º e 8º, que tratam do conteúdo do Plano de Recursos Hídricos, não tratam deste conteúdo. Também não existe nenhuma regulação para atuar sobre este objetivo. Já a lei estadual de 1999<sup>3</sup> estabeleceu em suas diretrizes gerais que o Estado deverá assegurar os recursos financeiros e institucionais necessários ao atendimento do disposto na Constituição do Estado com relação à política e ao gerenciamento de recursos hídricos, especialmente para *“defesa contra eventos hidrológicos críticos que ofereçam riscos à saúde e à segurança pública ou provoquem prejuízos econômicos e sociais”*, dentre outras diversas diretrizes.

Depois de 19 anos da existência da lei, os Planos de Recursos Hídricos não fazem nenhuma menção à estratégia sobre o assunto. No entanto, ao longo deste período, a ANA desenvolveu programas como o da avaliação da vulnerabilidade a inundações e, recentemente, a referida instituição anunciou o Plano Nacional de Segurança Hídrica *dentro do enfoque de secas*. O Conselho Mundial da Água na sua seção brasileira tem organizado eventos sobre o tema com foco no setor de produção agrícola, água e saneamento e água e energia. Estas iniciativas são uma resposta a eventos críticos e mostram a importância de buscar uma gestão eficiente, minimizando as condições de risco. O governo federal lançou recentemente o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais 2012-2014 com investimentos da ordem de R\$ 18,8 bilhões para atuar sobre inundações e deslizamentos e falta de oferta de água. Este último com foco no semiárido, que abrange parte de Minas

---

<sup>1</sup> Lei federal n.9433/1997

<sup>2</sup> Art. 2º II da lei n.9433

<sup>3</sup> Lei estadual n.13.199/1999

Gerais. Este programa atua na prevenção, por meio de sistema de alerta, e no planejamento de obras de controle.

O termo “segurança hídrica” (*water security*) tem sido utilizado para definir níveis de segurança relacionados com a água como mostram Cook e Bakker (2012). Os referidos autores pesquisaram os termos usados em publicações internacionais, desde 1990, relacionados com segurança hídrica ou terminologias semelhantes e identificaram que o termo está relacionado aos diferentes aspectos hídricos como: política de recursos hídricos, agricultura, uso humano (consumo e saúde pública), industrial, energia, transporte, meio ambiente e desastres naturais. Portanto, é essencial que um estudo com a denominação de “Segurança Hídrica” estabeleça os limites de conteúdo tanto sobre o tema abordado como a segurança esperada para este planejamento.

O escopo sobre segurança hídrica utilizado para o desenvolvimento deste estudo se baseia na seguinte definição:

*A segurança hídrica de um setor, projeto, cidade ou região envolve a preparação de medidas preventivas para garantir o atendimento normal, emergência e recuperação de danos, devido a condições climáticas frequentes, extremas e desastres naturais ou antrópicos, que limitem a disponibilidade hídrica e as inundações, com riscos para: a população, meios econômicos e meio ambiente.*

O estado de Minas Gerais, preocupado com as secas de 2014-2015 e as inundações recorrentes, procura desenvolver, por meio deste estudo, estratégias para a segurança hídrica do Estado, considerando as condicionalidades climáticas e vulnerabilidades sociais, econômicas e ambientais.

## 1.2 OBJETIVOS DO ESTUDO

O objetivo deste estudo é desenvolver as **Estratégias de Segurança Hídrica para o Estado de Minas Gerais**, considerando os eventos extremos (disponibilidade hídrica e inundações), como prevê a legislação de recursos hídricos, e seus impactos sobre a população tendo em conta a variabilidade climática, bem como as condições de qualidade das águas.

Os objetivos específicos são:

- Elaborar o diagnóstico geral das condições hidrológicas de risco de secas e inundações no Estado com base em informações hidrológicas e da Defesa Civil com base nos últimos eventos;
- Propor uma estratégia integrada para o Estado e um Plano de Ação.

Os objetivos da segurança hídrica para o Estado envolvem a redução da vulnerabilidade<sup>4</sup> aos condicionantes climáticos e a prevenção aos riscos<sup>5</sup> e impactos dos usos da água e das inundações, entendidos como os eventos extremos.

### **1.3 RESUMO DO ESTUDO**

No capítulo seguinte é realizada uma caracterização do Estado quanto aos dados básicos utilizados, estudos anteriores, monitoramento, socioeconomia, aspectos ambientais, setores de recursos hídricos, vulnerabilidade ao meio ambiente e de eventos extremos.

No terceiro capítulo são apresentados os conceitos sobre a vulnerabilidade e segurança hídrica e os métodos utilizados para reduzir estes impactos.

No quarto capítulo são tratadas as séries hidrológicas e suas alterações que atuam na definição dos riscos e incertezas relacionados com vulnerabilidade climática.

No quinto capítulo são analisadas as vulnerabilidades que levam as condições de insegurança hídrica em Minas Gerais, resultando no macro diagnóstico do Estado.

No sexto capítulo são apresentadas as estratégias para desenvolver um programa de segurança hídrica para o Estado de Minas Gerais.

No sétimo capítulo é apresentado o plano de ação para implementação das ações previstas na estratégia de segurança hídrica.

No oitavo capítulo são apresentadas as conclusões e recomendações.

---

<sup>4</sup> Vulnerabilidade é o potencial prejuízo da população ou ambiente em face de um risco aceitável de eventos climáticos;

<sup>5</sup> Risco é a chance aceita para os planos, programas e projetos relacionados com disponibilidade hídrica e/ou inundação e qualidade da água.

## 2. CARACTERIZAÇÃO

Este capítulo trata de identificar os estudos anteriores e os principais dados básicos para o estudo de segurança hídrica em Minas Gerais.

### 2.1 DADOS

Os dados básicos identificados para o estudo se referem ao seguinte:

- Levantamento de estudos anteriores com abrangência estadual relacionados com a gestão do território, água e saneamento, hidrologia e eventos extremos com mudanças e variabilidade climática (item 2.2).
- *Rede de monitoramento e Levantamento de dados hidrológicos* representativos (séries mais longas) de precipitação e vazão no Estado (item 2.3).
- Informações básicas dos aspectos socioeconômicos do Estado para melhor entendimento dos setores usuários da água (item 2.4);
- Conjuntura Ambiental relacionado ao planejamento do Estado, como Zoneamento Ecológico Econômico e os biomas brasileiros dentro do Estado (item 2.5);
- Setores usuários da água: usos consuntivos saneamento básico e agropecuário e não consuntivos: hidro energia e navegação (item 2.6)
- Vulnerabilidade a qualidade da água, disponibilidade hídrica e as inundações (item 2.7 e 2.8);
- Aspectos Institucionais: levantamento da legislação estadual relacionada com a gestão de recursos hídricos e meio ambiente; levantamento das instituições relacionadas com a gestão de recursos hídricos (item 2.9);

### 2.2 ESTUDOS ANTERIORES

Existem diversos estudos que tratam dos recursos hídricos no Estado. Foram selecionados os mais recentes e estratégicos. Esta seleção não foi exaustiva, mas seletiva.

Na tabela 1, abaixo, são identificados estudos anteriores analisados e em andamento, com perfil Nacional e Estadual sobre o assunto e depois resumidos os conteúdos dos mesmos nos itens subsequentes. Os estudos foram separados de acordo com o âmbito Nacional e Estadual.

Tabela 1 - Estudos Selecionados

| N | Título                                                             | Entidade        | Nível    | Fonte                  |
|---|--------------------------------------------------------------------|-----------------|----------|------------------------|
| 1 | Conjuntura de Recursos Hídricos                                    | ANA             | Nacional | ANA, 2014a e ANA, 2013 |
| 2 | Plano Nacional de Segurança Hídrica                                | ANA             | Nacional | ANA, 2015              |
| 3 | Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais | Governo Federal | Nacional | Brasil, 2012           |
| 4 | Atlas de Vulnerabilidade a Inundações                              | ANA             | Nacional | ANA, 2014b             |
| 5 | Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado 2015-2027               | Gov. de MG      | Estadual | MG, 2015               |
| 6 | Plano Estadual de Recursos Hídricos                                | IGAM            | Estadual | IGAM, 2011             |
| 7 | Planos de Bacias hidrográficas de bacias em MG: Várias bacias      | IGAM            | Estadual | Vários                 |
| 8 | Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas Gerais             | FEAM            | Estadual | FEAM, 2014             |
| 9 | Atlas de Vulnerabilidade de Minas Gerais                           | SEMAD           | Estadual | SEMAD, 2015            |

### 2.2.1 Conjuntura dos Recursos Hídricos

A ANA (2015d) apresenta um relatório periódico das condições de recursos hídricos no Brasil, com objetivo de manter as informações atualizadas e permitir uma gestão adequada dos atores sobre os recursos hídricos do país.

A síntese nacional foi obtida com base em informações das instituições de governo federal, estadual e municipal sobre: disponibilidade hídrica, qualidade da água, demanda de recursos hídricos, balanço hídrico, eventos críticos e aspectos institucionais. No ano de 2014, foi dado destaque às secas que ocorreram em parte importante do território brasileiro.

Com relação aos eventos críticos destacam-se os seguintes:

- Em 2013, 139 municípios, de 853 existentes em Minas Gerais, declararam Situação de Emergência (SE) ou Estado de Calamidade Pública (ECP) devido à seca ou estiagem<sup>6</sup>;

<sup>6</sup> Estiagem é um período com baixa precipitação que produz impactos relacionados com a falta de água para uso de forma geral e conservação ambiental; Seca tem várias conotações quanto ao tempo de ocorrência e está relacionada a uma situação mais prolongada no tempo da falta de água. Para definições sobre ECP e SE consulte o anexo F.

- Em 2013, 13 municípios de Minas Gerais decretaram SE ou ECP relacionados com cheias ou inundações;
- Três municípios mineiros, Espinosa, Janaúba, Taiobeiras, entraram em colapso/acionamento ou em estado de alerta quanto ao abastecimento urbano de água, em 2013.

## **2.2.2 Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais**

O Brasil (2012) apresenta o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais. Este é um Plano do Governo Federal que tem como objetivo preservar vidas humanas e a segurança das pessoas, minimizar os danos e os prejuízos decorrentes dos desastres naturais e, ainda, preservar o meio ambiente.

Para atingir os objetivos mencionados, foram planejadas ações de mapeamento de áreas de alto risco, sistemas de monitoramento e alerta, bem como obras de prevenção voltadas à redução do risco de desastres naturais (drenagem urbana, barragens de contenção de cheias e suprimento hídrico e controle de inundações, etc).

## **2.2.3 Plano Nacional de Segurança Hídrica**

Está em andamento o Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH) de orientação da ANA - Agência Nacional de Águas, com apoio de Estados brasileiros. O PNSH tem como objetivos (ANA, 2015):

“Definir diretrizes, conceitos e critérios que permitam a seleção e detalhamento das principais intervenções estratégicas do país (horizonte 2035) para:

- Garantir oferta de água para o abastecimento humano e para o uso em atividades produtivas;
- Reduzir os riscos associados a eventos críticos (secas e inundações)”.

O foco do estudo envolve a identificação de obras previstas e em andamento sobre:

- Medidas estruturantes de abrangência/interesse regional ou interestadual com foco no atendimento de demandas efetivas como: barragens de controle de cheias e regularização de vazão; sistemas de condução de água como adutoras;
- Obras complementares em ações integradas;
- Atividades relacionadas com aspectos institucionais.

O estudo está previsto para ser desenvolvido em dois anos com parceria dos Estados para definição dos critérios e seleção das intervenções estratégicas.

O estudo foi previsto para ser desenvolvido em três etapas: inventário, estudo integrado e detalhamento das intervenções estratégicas. Observa-se que a ênfase do Plano ocorre na disponibilidade hídrica e em medidas estruturais.

#### 2.2.4 Atlas de Vulnerabilidade a Inundações

Este Atlas foi construído para um diagnóstico da ocorrência e impactos associados a inundações graduais<sup>7</sup>, nos principais rios das bacias hidrográficas brasileiras. Este tipo de diagnóstico não analisa as inundações na drenagem urbana que ocorrem como resultados de inundações rápidas em pequenas bacias urbanas.

Os mapas produzidos permitem um diagnóstico qualitativo sobre a frequência das inundações e os impactos resultantes, dentro de uma escala subjetiva quanto a vulnerabilidade da população aos eventos de cheia. O produto do Atlas são mapas que caracterizam as principais classificações definidas no estudo.

A matriz de vulnerabilidade a inundações foi elaborada a partir do cruzamento das informações de frequência e impacto dos eventos de inundação. Foram baseados no cruzamento da frequência da ocorrência das inundações e do impacto. O resultado final da classificação é apresentado na tabela 2, abaixo.

Tabela 2 - Vulnerabilidade a inundações (ANA, 2014)

| Vulnerabilidade | Impacto <sup>2</sup> | Frequência <sup>1</sup>                                  |
|-----------------|----------------------|----------------------------------------------------------|
| Alta            | Alto<br>Médio        | Para qualquer frequência<br>Alta frequência de inundação |
| Média           | Médio<br>Baixo       | Frequência média e baixa<br>Alta frequência              |
| Baixa           | Baixo                | Frequência média e baixa                                 |

1-Frequência: baixa > 10 anos; média 5 a 10 anos; alta < 5 anos; 2-Impacto: baixo- danos localizados; médio - danos razoáveis a serviços essenciais, instalações e obras de infraestrutura pública e residências; alto – danos à vida humana, instalações e obras de infraestrutura pública e residências.

O estudo produziu mapas de vulnerabilidade para todos os Estados brasileiros e Distrito Federal e resumiu os mesmos para as regiões: norte nordeste, centro-oeste, sudeste e sul.

Os resultados mostraram que, para Minas Gerais, existem 459 municípios com trechos inundáveis em 536 rios com 2312 trechos, sendo 26% de alta vulnerabilidade e 41% de média vulnerabilidade.

---

<sup>7</sup> Geralmente denominadas de inundações ribeirinhas devido às inundações naturais de rios que saem do seu leito maior.

### **2.2.5 Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado**

O Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado (PMDI) é um instrumento de planejamento estabelecido pela constituição estadual visando o desenvolvimento socioeconômico integrado e tecnológico do Estado e o incremento das atividades produtivas, assim como para a superação das desigualdades sociais e regionais em Minas Gerais (MG, 2015). Este Plano foi desenvolvido para o período 2015 – 2027.

O Plano tratou os seguintes aspectos: situação atual, políticas industrial, tecnológica e regional; modelo de desenvolvimento e matriz de desenvolvimento, organizado em torno de cinco eixos (desenvolvimento produtivo, científico e tecnológico; infraestrutura e logística; saúde e proteção social; segurança pública; e educação e cultura) e cinco dimensões (participação, desenvolvimento de pessoas, sustentabilidade fiscal, modelo de gestão e sustentabilidade territorial).

O estudo define os objetivos e estratégias de governo para o futuro, considerando os diferentes eixos analisados. Como os aspectos de recursos hídricos são transversais em quase todos os setores, as estratégias e aspectos de segurança hídrica estão implicitamente dentro dos eixos.

### **2.2.6 Plano Estadual de Recursos Hídricos**

Os instrumentos de gestão de recursos hídricos são os Planos: Nacional, Estadual e de Bacias Hidrográficas. O Plano Nacional de Recursos Hídricos foi aprovado em 2006 e possui documentos posteriores (ANA, 2011). O Plano Estadual se concentrou em aspectos estratégicos e escalas mais abrangentes, enquanto os planos de bacias hidrográficas atuam sobre aspectos executivos e operacionais.

Dentro destas definições, o Plano Estadual de Recursos Hídricos analisou o seguinte: (a) aspectos relacionados à inserção macrorregional de Minas Gerais; (b) integração entre o gerenciamento dos recursos hídricos, políticas de desenvolvimento regional, a gestão ambiental e os planos e projetos de setores usuários; e, (c) a interação e complementaridade com os Planos de Bacias, previstos para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – UPGRH's.

No aspecto relacionado com a inserção macrorregional (item a acima), foram analisados o seguinte: os principais biomas continentais brasileiros; o quadro da logística intermodal de transporte e as interações dela decorrentes, a inserção geopolítica, que se referem ao contexto definido pelos estados vizinhos, bacias compartilhadas e pela rede de cidades, que impõem condicionantes geográficos e administrativos comuns e potenciais conflitos; e a inserção macrorregional econômica.



O Plano analisa a integração com o Plano Nacional de Recursos Hídricos e o Plano Estadual, principalmente nas bacias de domínio federal. Da mesma forma o Plano Estadual analisa sua interface com o PMDI Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado (na época do PMDI em 2011). Considerando as características transversais dos Recursos Hídricos existem vários aspectos que fazem interface com o PMDI. O Plano também analisa o Zoneamento Ecológico–Econômico que é outro instrumento de gestão do uso do solo e da vulnerabilidade ambiental e social.

O Plano analisa as políticas e programas dos setores usuários de recursos hídricos, que representam a avaliação setorial em recursos hídricos. Estes elementos são fundamentais para integrar as condições de disponibilidade x demanda, impactos dos usos dos recursos hídricos, impactos sobre a sociedade e a interação com os aspectos ambientais e de desastres naturais ou antrópicos. O Plano Estadual de Recursos Hídricos analisa os Planos das Bacias Hidrográficas e integra os elementos estratégicos no Plano Estadual.

O plano trata da base de informações: cadastro, monitoramento e base de informações hidrometeorológicas, os instrumentos de gestão relacionados com a outorga, enquadramento, cobrança e outros instrumentos econômicos, além do mapeamento e diretrizes para aplicação dos instrumentos de gestão.

### **2.2.7 Planos de Bacias Hidrográficas em Minas Gerais**

O IGAM (2016) destaca o estágio dos Planos das bacias hidrográficas de Minas Gerais, estando os mesmos disponíveis para consulta pública<sup>8</sup>. Na tabela 3 são apresentadas as bacias e a situação do Plano da referida bacia. O desenvolvimento e atualização dos Planos de Bacia é um processo longo, com grande participação local. As maiores dificuldades são transformar estes planos em ações efetivas com metas definidas e resultados visíveis para a sociedade e meio ambiente.

### **2.2.8 Plano Estadual de Energia e Mudanças Climáticas**

O Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas Gerais (PEMC) é uma ferramenta de planejamento e gestão transversal que abrange todos os setores socioeconômicos que tenham impacto sobre as emissões de gases de efeito estufa e/ou que sofram os efeitos das mudanças climáticas (FEAM, 2014).

Segundo o relatório, as primeiras etapas do PEMC foram desenvolvidas entre agosto de 2013 e março de 2014, com levantamento de informações, diagnóstico e cenários do setor para 2020 e 2030. O documento descreve a metodologia e apresenta um cronograma de seu desenvolvimento. O relatório trata ainda de uma proposta associada ao tema e não de resultados obtidos.

---

<sup>8</sup> [www.igam.mg.gov.br](http://www.igam.mg.gov.br)

Tabela 3 - Planos de Bacia concluídos em Minas Gerais (IGAM, 2016)

| <b>Bacia hidrográfica</b>                                                      | <b>Ano de conclusão</b> | <b>Alcance (ano)</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| <b>Concluídos</b>                                                              |                         |                      |
| Rio das Velhas                                                                 | 2004/2014               | 2010 – 20 anos       |
| Paracatu                                                                       | 2006                    | 2015                 |
| Preto e Paraibuna                                                              | 2006                    | 2020                 |
| Pomba e Muriaé                                                                 | 2006                    | 2020                 |
| Araguari                                                                       | 2008                    | 2016                 |
| Piracicaba, Capiravi e Jaguari                                                 | 2012                    | 2020                 |
| Pará                                                                           | 2008                    | 2016                 |
| Verde                                                                          | 2010                    | 2015                 |
| Jequitai e Pacuí                                                               | 2010                    | 2020                 |
| Sapucaí                                                                        | 2010                    | 2020                 |
| Afluentes Mineiros dos rios Mogi e Pardo                                       | 2010                    | 2020                 |
| Doce PARH da UPG Piranga, Piracicaba, S. Antônio, Suaçuí, Caratinga e Manhuaçu | 2010                    | 2030                 |
| Araçuaí                                                                        | 2010                    | 2030                 |
| Afluentes Mineiros do Rio Verde Grande                                         | 2011                    | 2030                 |
| Alto Grande                                                                    | 2013                    | 2030                 |
| Rio das Mortes                                                                 | 2013                    | 2030                 |
| Afluentes do Jequitinhonha                                                     | 2013                    | 4 anos               |
| Médio e Baixo Jequitinhonha                                                    | 2013                    | 2032                 |
| Afluentes Mineiros do Pardo                                                    | 2013                    | 2032                 |
| Afluentes Mineiros do Pardo                                                    | 2013                    | 2032                 |
| Afluentes do Médio São Francisco                                               | 2013                    | 2030                 |
| Entorno do reservatório de Furnas                                              | 2013                    | 2030                 |
| <b>Em elaboração</b>                                                           |                         |                      |
| Afluentes do Alto Paranaíba                                                    |                         |                      |
| Afluentes do Baixo Paranaíba                                                   |                         |                      |
| Rio Paraopeba                                                                  |                         |                      |
| Entorno da represa de Três Marias                                              |                         |                      |
| <b>Em contratação</b>                                                          |                         |                      |
| Afluentes Mineiros do Baixo Grande                                             |                         |                      |
| Afluentes Mineiros do Baixo Grande                                             |                         |                      |
| Afluentes Mineiros do Mucuri                                                   |                         |                      |
| Afluentes Mineiros do rio S. Mateus                                            |                         |                      |
| Afluentes Mineiros do Alo S.Francisco                                          |                         |                      |

## 2.2.9 Atlas de Vulnerabilidade de Minas Gerais

Este estudo trata da vulnerabilidade à inundação e tem sido realizado desde 2013. SEMAD (2015) apresenta o último resultado, usando a metodologia do estudo da ANA, com identificação mais detalhada sobre o estado de Minas Gerais.

O estudo cruza as informações dos municípios e das regiões hidrográficas e identifica os trechos de inundação de acordo com o critério qualitativo da ANA, apresentando uma análise dos impactos ocorridos em 2015.

## 2.3 REDE DE MONITORAMENTO

### 2.3.1 Características gerais da rede existente

A rede de monitoramento no estado de Minas Gerais é composta por entidades nacionais, estaduais e empresas setoriais usuárias da água. As principais entidades que atuam no monitoramento são identificadas na tabela abaixo. Na figura 1, é apresentada a cobertura de postos no Estado por instituição. Observa-se uma boa cobertura geral de informações hidrológicas no Estado.

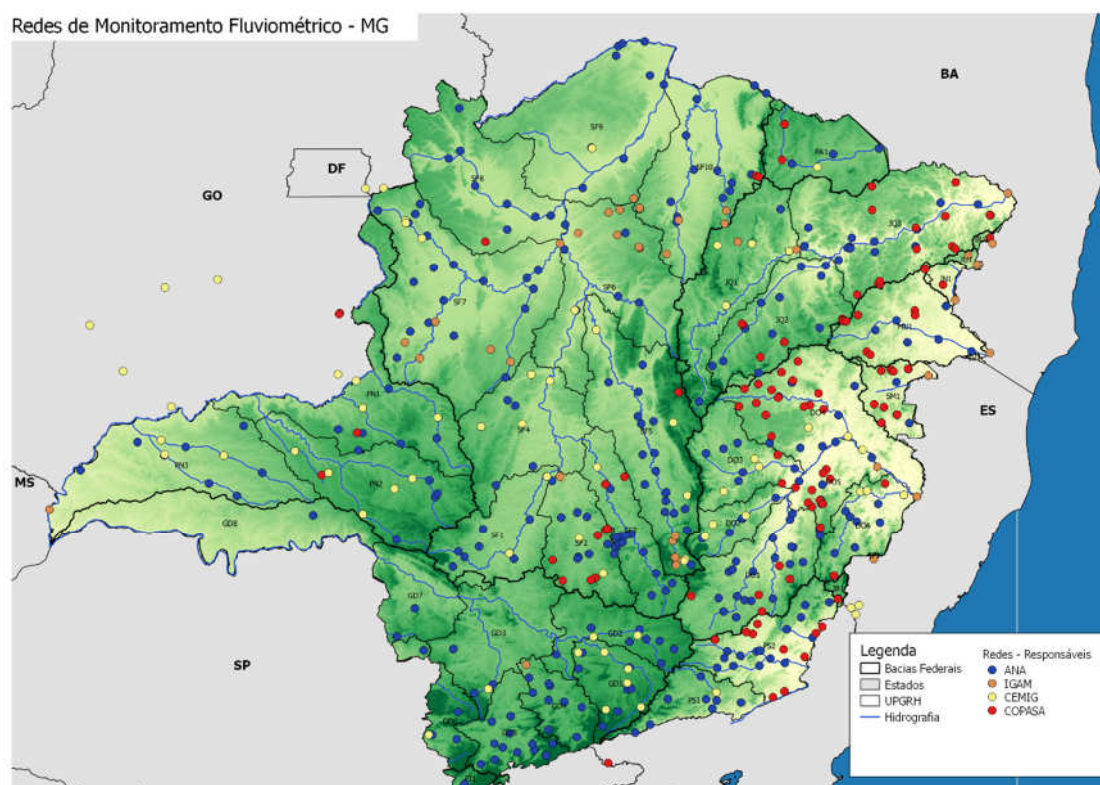


Figura 1: Rede de Monitoramento no Estado por instituição (fonte: IGAM).

Além da rede de monitoramento convencional, as instituições possuem rede de monitoramento telemétrico para acompanhamento de eventos climáticos e alerta das condições críticas. Na base da ANA (<http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>) ou <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/> e do IGAM ([www.igam.mg.gov.br](http://www.igam.mg.gov.br)) existem informações detalhadas destas redes.

Tabela 4 - Principais entidades que monitoram dados no Estado de Minas Gerais<sup>9</sup>

| Entidade | Nível | Tipo de informação monitorada |
|----------|-------|-------------------------------|
|----------|-------|-------------------------------|

<sup>9</sup> Esta lista não é extensiva, mas identifica os principais atores onde se dispõe de dados.

|                                  |          |                                                          |
|----------------------------------|----------|----------------------------------------------------------|
| ANA                              | Nacional | Pluviometria, hidrometria, sedimentos, qualidade da água |
| INMET                            | Nacional | Climatologia                                             |
| IGAM                             | Estadual | Pluviometria, hidrometria, qualidade da água             |
| CEMIG                            | Estadual | Pluviometria e hidrometria                               |
| COPASA                           | Estadual | Pluviometria e hidrometria                               |
| Empresas de energia <sup>1</sup> |          | Pluviometria e hidrometria                               |

<sup>1</sup>-Monitoram junto aos reservatórios de energia.

### 2.3.2 Bacias Hidrográficas

O Brasil é dividido em bacias principais (primeira ordem) e cada uma destas possui novas divisões. As bacias e subbacias que cobrem o estado de Minas Gerais são apresentadas na tabela 5, abaixo.

Tabela 5 - Bacias hidrográficas da base de dados da ANA

| Bacia                                 | Código | Subbacia                                             | Código |
|---------------------------------------|--------|------------------------------------------------------|--------|
| São Francisco                         | 4      | Alto São Francisco                                   | 40     |
|                                       |        | Barragem de Três Marias e confluência rio das Velhas | 41     |
|                                       |        | Confluência do rio das Velhas até rio Paracatu       | 42     |
|                                       |        | Confluência do rio Paracatu até rio Urucuia          | 43     |
|                                       |        |                                                      |        |
| Bacias do Atlântico Sul, Trecho Leste | 50     | Jequitinhonha                                        | 54     |
|                                       |        | Doce                                                 | 56     |
|                                       |        | Paraíba do Sul                                       | 58     |
| Paraná                                | 60     | Paranaíba                                            | 60     |
|                                       |        | Grande                                               | 61     |

### 2.3.3 Seleção de postos pluviométricos e fluviométricos

Para analisar o comportamento hidrológico de longo prazo em termos espaciais e temporais foram identificadas as séries mais longas de dados pluviométricos e fluviométricos. Os postos pluviométricos e fluviométricos foram selecionados dentro destas bacias de acordo com o tamanho da série (série longa) e representatividade espacial.

Na tabela 6, são identificadas as características principais destes postos. Os dados destes postos estão sendo selecionados para análise da variabilidade hidrológica sazonal, temporal e espacial no Estado. Esta análise permite um entendimento do comportamento dos períodos úmidos e secos e a vulnerabilidade geral quanto às condições extremas. Os dados e análise são realizados no capítulo 4.

Os períodos dos dados dos postos variam de 34 a 84 anos. Existem postos com séries mais longas, mas existe uma quantidade importante de falhas na série hidrológica, o que dificulta uma análise de representatividade.

## **2.4 SOCIOECONOMIA**

### **2.4.1 População**

O estado de Minas Gerais possui 853 municípios, totalizando uma área de 586.528 km<sup>2</sup> e população de 19,6 milhões em 2009<sup>10</sup>, com 85,28% de população urbana.

A região Metropolitana de Belo Horizonte tem 6,049 milhões de habitantes, representando 30,9% da população total do Estado. A população urbana representa 95,4% do total. A microrregião com menor taxa de urbanização é Grão Mongol no Norte do Estado, com 44,1%. A densidade média brasileira é de 65 habitantes/ha (Embrapa,2009). Com base neste indicador, estimou-se que a área urbanizada do Estado é da ordem de 2.571,6 km<sup>2</sup>, onde se concentram 16,7 milhões de pessoas. Observa-se que a população urbana (85,28%) ocupa 0,44% da área do Estado. A distribuição da população por tamanho de cidades mostra grande concentração de população em cidades abaixo de 20.000 pessoas.

Na tabela 8, é apresentada a distribuição da população por tamanho da cidade. Observa-se que 26,3% da população do Estado está em cidades com menos de 20.000 habitantes, representando 675 cidades. As cidades acima de 100 mil habitantes são 29 e representam 43,4 % da população do Estado.

A consequência de grande concentração urbana é a alta demanda por recursos hídricos em pequenas áreas, com impactos ambientais significativos, como efluentes domésticos e de águas pluviais. A qualidade da água de rios urbanos torna-se poluída com efeitos sobre a saúde e meio ambiente.

### **2.4.2 Distribuição Geográfica**

O Estado possui 17 regiões administrativas (No anexo A é apresentada a planilha por região meso e micro de população urbana e rural e a proporção da população urbana com relação ao total). A relação entre as regiões administrativas e a divisão geográfica é apresenta na figura 2.

---

<sup>10</sup> Estimado em 20,87 milhões (em 2015)

Tabela 6 - Postos Fluviométricos selecionados para análise

| <b>Código</b> | <b>Nome</b>                           | <b>Bacia</b> | <b>Subbacia</b> | <b>Latitude</b> | <b>Longitude</b> | <b>Área (km²)</b> | <b>Anos</b> | <b>NMF</b> | <b>Período</b> |
|---------------|---------------------------------------|--------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|-------------|------------|----------------|
| 40050000      | IGUATAMA                              | 4            | 40              | -20:10:12       | -45:42:57        | 5560              | 84          | 72         | 1931-2015      |
| 40100000      | PORTO DAS ANDORINHAS                  | 4            | 40              | -19:16:43       | -45:17:9         | 14000             | 59          | 12         | 1956-2015      |
| 41050000      | MAJOR PORTO                           | 4            | 41              | -18:42:23       | -46:2:23         | 1200              | 46          | 3          | 1969-2015      |
| 41818000      | SANTO HIPÓLITO (ANA/CEMIG)            | 4            | 41              | -18:18:22       | -44:13:33        | 16600             | 77          | 71         | 1938-2015      |
| 42290000      | PONTE DA BR-040 - PARACATU            | 4            | 42              | -17:30:9        | -46:34:16        | 7750              | 49          | 8          | 1965-2014      |
| 42690001      | PORTO DA EXTREMA                      | 4            | 42              | -17:1:49        | -46:0:49         | 30100             | 60          | 46         | 1955-2015      |
| 43200000      | SÃO ROMÃO                             | 4            | 43              | -16:22:21       | -45:4:12         | 154000            | 62          | 1          | 1952-2015      |
| 43880000      | SANTO INÁCIO                          | 4            | 43              | -16:16:52       | -45:24:51        | 23800             | 49          | 67         | 1963-2014      |
| 54150000      | PORTO MANDACARU                       | 5            | 54              | -16:40:44       | -42:29:8         | 16100             | 70          | 57         | 1945-2015      |
| 54195000      | BARRA DO SALINAS<br>CONCEIÇÃO DO MATO | 5            | 54              | -16:37:4        | -42:18:32        | 23400             | 41          | 13         | 1974-2015      |
| 56750000      | DENTRO                                | 5            | 56              | -19:0:52        | -43:26:46        | 302               | 69          | 9          | 1946-2015      |
| 56845000      | FAZENDA CORRENTE                      | 5            | 56              | -18:53:41       | -42:42:45        | 1050              | 63          | 47         | 1952-2015      |
| 60010000      | SANTANA DE PATOS                      | 6            | 60              | -18:50:28       | -46:33:3         | 2730              | 66          | 30         | 1949-2015      |
| 60150000      | ESTRELA DO SUL                        | 6            | 60              | -18:44:17       | -47:41:24        | 868               | 73          | 8          | 1942-2015      |
| 61537000      | PORTO DOS BUENOS                      | 6            | 61              | -21:36:39       | -45:29:20        | 6300              | 47          | 11         | 1968-2015      |
| 61770000      | FAZENDA CARVALHAIS                    | 6            | 61              | -21:8:7         | -47:0:45         | 226               | 69          | 12         | 1946-2015      |

(\*) Número de meses de falha

Tabela 7- Postos Pluviométricos selecionados para análise

| <b>Código</b> | <b>Nome</b>              | <b>Bacia</b> | <b>Subbacia</b> | <b>Latitude</b> | <b>Longitude</b> | <b>Área<br/>(km<sup>2</sup>)</b> | <b>Anos</b> | <b>NMF</b> | <b>Período</b> |
|---------------|--------------------------|--------------|-----------------|-----------------|------------------|----------------------------------|-------------|------------|----------------|
| 1944004       | PONTE NOVA DO PARAPEBA   | 4            | 40              | -19:57:20       | -44:18:24        | -                                | 74          | 10         | 1941-2015      |
| 1944007       | FAZENDA ESCOLA FLORESTAL | 4            | 40              | -19:52:47       | -44:25:18        | -                                | 74          | 50         | 1941-2014      |
| 1943023       | TAQUARAÇU                | 4            | 41              | -19:39:50       | -43:41:17        | -                                | 73          | 12         | 1942-2015      |
| 2043002       | LAGOA GRANDE (MMV)       | 4            | 41              | -20:10:45       | -43:56:34        | -                                | 74          | 36         | 1941-2015      |
| 1746001       | PORTO DA EXTREMA         | 4            | 42              | -17:1:51        | -46:0:49         | -                                | 53          | 42         | 1962-2015      |
| 1746002       | SANTA ROSA               | 4            | 42              | -17:15:19       | -46:28:26        | -                                | 53          | 88         | 1962-2015      |
| 1645000       | SÃO ROMÃO                | 4            | 43              | -16:22:18       | -45:4:58         | -                                | 63          | 4          | 1952-2015      |
| 1645002       | SANTO INÁCIO             | 4            | 43              | -16:16:54       | -45:24:51        | -                                | 52          | 51         | 1963-2015      |
| 1640000       | JACINTO                  | 5            | 54              | -16:8:19        | -40:17:25        | -                                | 67          | 25         | 1948-2015      |
| 1642013       | PEGA                     | 5            | 54              | -16:51:36       | -42:20:51        | -                                | 47          | 13         | 1968-2015      |
| 1842007       | GUANHÃES                 | 5            | 56              | -18:46:20       | -42:55:52        | -                                | 70          | 81         | 1945-2015      |
| 1940012       | ITAIMBÉ                  | 5            | 56              | -19:39:49       | -40:50:7         | -                                | 58          | 4          | 1957-2015      |
| 1847003       | ABADIA DOS DOURADOS      | 6            | 60              | -18:29:28       | -47:24:23        | -                                | 68          | 4          | 1947-2015      |
| 1847001       | ESTRELA DO SUL           | 6            | 60              | -18:44:17       | -47:41:24        | -                                | 70          | 4          | 1945-2015      |
| 2045004       | SANTANA DO JACARÉ        | 6            | 61              | -20:54:18       | -45:7:30         | -                                | 73          | 13         | 1942-2015      |
| 2048004       | FAZENDA SÃO DOMINGOS     | 6            | 61              | -20:12:38       | -48:17:26        | -                                | 49          | 25         | 1966-2015      |

(\*) Número de meses de falha.

Tabela 8 - Distribuição das cidades por população (censo de 2010)

| <b>Classes por população</b> | <b>Número de cidades</b> | <b>População (1000)</b> | <b>Proporção do número de cidades pelo total (%)</b> | <b>Proporção de população sobre o total do Estado (%)</b> |
|------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| > 1 milhão                   | 1                        | 2375,2                  | 0,12                                                 | 12,1                                                      |
| 1 milhão a 500 mil           | 3                        | 1723,7                  | 0,35                                                 | 8,8                                                       |
| 500 mil a 100 mil            | 25                       | 4409,6                  | 2,93                                                 | 22,5                                                      |
| 100 mil a 50 mil             | 37                       | 2642,7                  | 4,34                                                 | 13,5                                                      |
| 50 mil a 20mil               | 112                      | 3300,9                  | 13,13                                                | 16,8                                                      |
| < 20mil                      | 675                      | 5147,9                  | 79,13                                                | 26,3                                                      |

Na tabela 9, são apresentadas as características principais das regiões do Estado. As principais bacias hidrográficas que cobrem o Estado: São Francisco, Pardo, Doce, Paraíba do Sul, Paranaíba, Grande, Jequitinhonha, Piracicaba/Jaguari, Bacias Leste, são apresentadas na figura 3, juntamente com as regiões administrativas.

Tabela 9 - Área das regiões e o número de municípios do Estado

| <b>Região</b>                      | <b>Área física (1000 km<sup>2</sup>)</b> | <b>Número de municípios</b> |
|------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|
| Noroeste                           | 62,35                                    | 19                          |
| Norte                              | 128,49                                   | 89                          |
| Jequitinhonha                      | 62,92                                    | 66                          |
| Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba | 90,57                                    | 66                          |
| Central/RMBH                       | 80,20                                    | 158                         |
| Doce                               | 41,84                                    | 102                         |
| Centro Oeste                       | 31,54                                    | 56                          |
| Zona da Mata                       | 35,72                                    | 142                         |
| Sul                                | 53,01                                    | 155                         |

### 2.4.3 Aspectos econômicos e sociais

O PIB Estadual é de R\$ 486,96 bilhões, em 2013. Considerando a população de 20 milhões de habitantes, a renda per capita em 2013 é de R\$24,4 mil. Considerando o baixo crescimento em 2014 e a redução da economia em 2015, este valor não é muito distante do PIB real. O PIB Estadual tem uma participação da ordem de 9,2% no PIB Nacional e é o terceiro Estado em exportação do país.



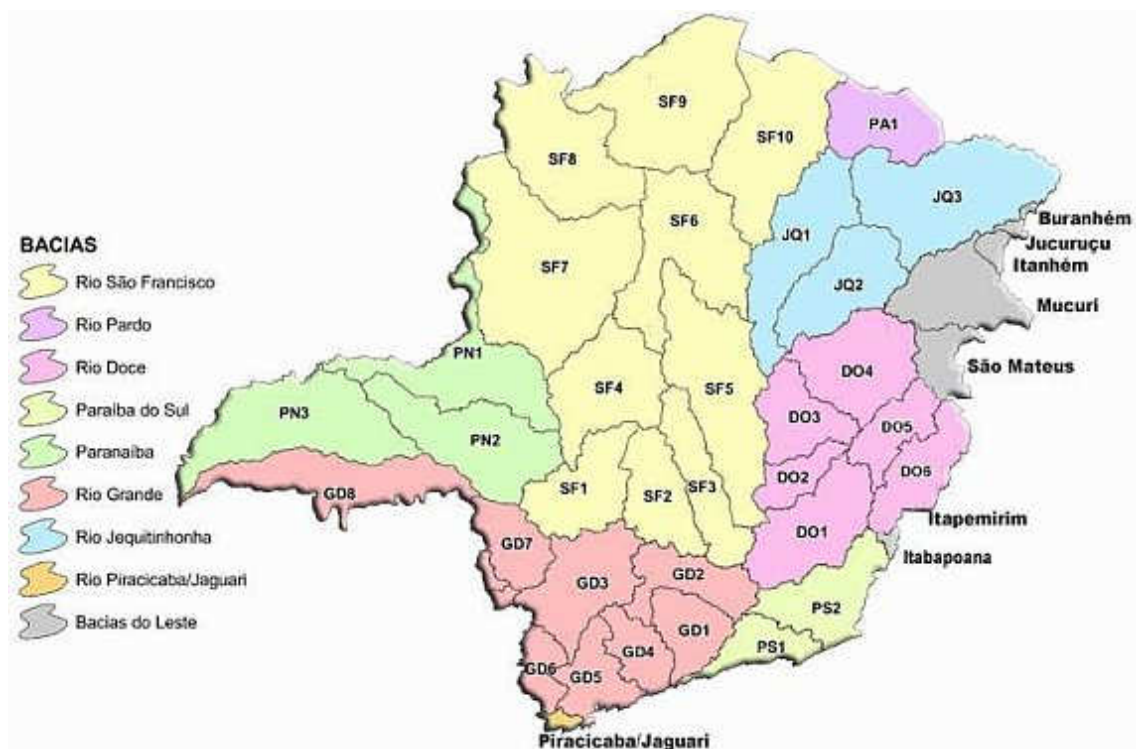


Figura 2: Divisões geográficas no estado de Minas Gerais (fonte: IGAM).

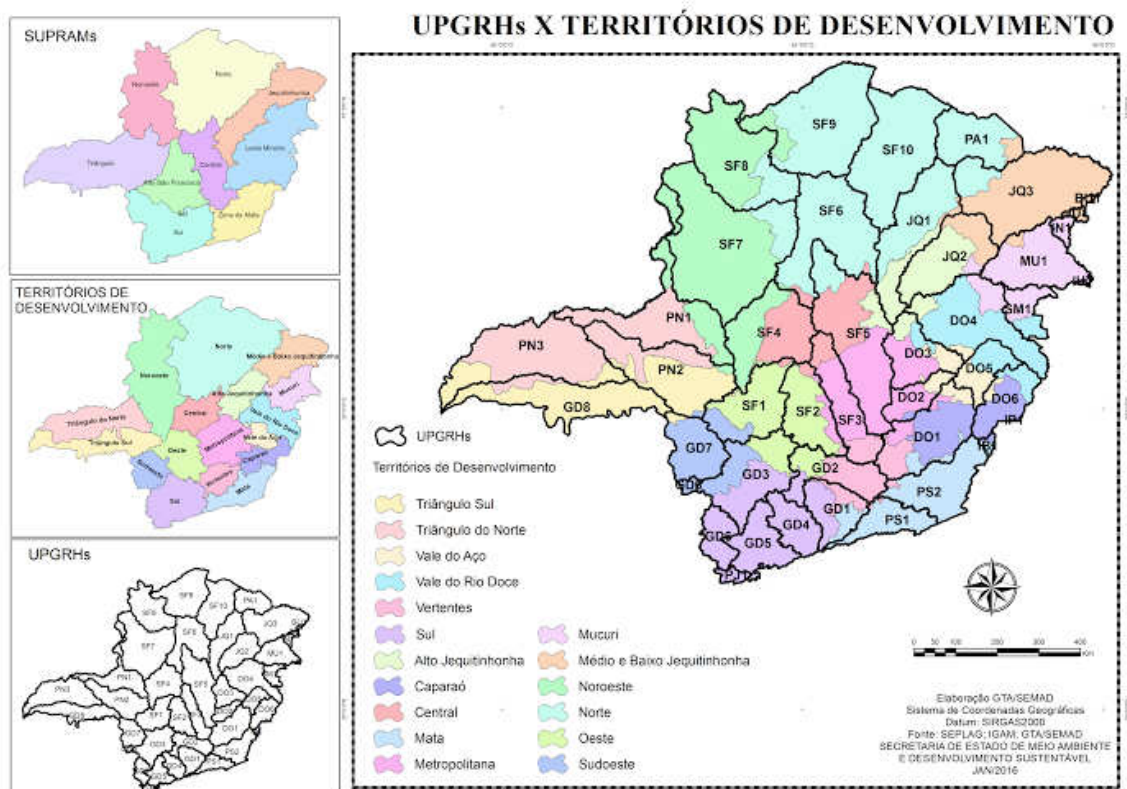


Figura 3: Divisão geográfica e de territórios de desenvolvimento.

Existe alta concentração de renda entre as regiões de Minas Gerais, onde a RMBH concentra 40,8% do PIB do Estado. As regiões com maior urbanização tendem a possuir maior renda per capita em função da concentração de serviços e indústrias, representando a maior parte da economia do Estado.

Outros indicadores relevantes do Estado são (2010):

1. Expectativa de vida de 75,1 anos;
2. Taxa de mortalidade infantil de 16,2 por mil;
3. Analfabetismo 7.7% e
4. IDH = 0,731

## 2.5 CONDICIONANTES AMBIENTAIS

### 2.5.1 Biomas

O Brasil foi classificado em 6 ambientes de acordo com a combinação de aspectos climáticos, solo, relevo e outros aspectos ambientais definidos pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). A distribuição percentual dos biomas no Brasil é apresentada na tabela 10.

Tabela 10 - Biomas brasileiros e participação na área do Brasil

| Bioma          | Proporção (%) |
|----------------|---------------|
| Amazônia       | 49,3          |
| Cerrado        | 23,9          |
| Mata Atlântica | 13,0          |
| Caatinga       | 9,9           |
| Pampa          | 2,1           |
| Pantanal       | 1,8           |

Os biomas encontrados no estado de Minas Gerais são: Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica. A maior área no Estado possui o bioma Cerrado. A **Caatinga**<sup>11</sup> possui um clima semiárido<sup>12</sup>, mais típico do Nordeste, mas abrange parte do Norte de Minas Gerais.

Entre os rios formadores de grandes bacias hidrográficas brasileiras que nascem no Cerrado, destaca-se o S. Francisco. Entre os formadores do São

---

<sup>11</sup> O Cerrado é quente, semiúmido e notadamente sazonal, com verão chuvoso e inverno seco, com pluviosidade anual em torno de 800 a 1600 mm. Os solos são geralmente muito antigos, quimicamente pobres e profundos, com baixa fertilidade natural e de textura arenosa, o que lhe dá grande permeabilidade.

<sup>12</sup> O semiárido possui um clima com Precipitação média anual menor ou igual a 600 mm e evaporação alta durante todo o ano, com uma vegetação que se distribui de forma irregular.

Francisco no Cerrado, estão o Urucuia e o Paracatu, na margem esquerda, e o rio das Velhas, na margem direita, que, junto com o Paraopeba, são os principais formadores do seu alto curso, drenando a RMBH.

A Mata Atlântica<sup>13</sup> em Minas Gerais é da ordem de 190 mil km<sup>2</sup>, representado pela Serra da Mantiqueira e do Caparaó, bem como do território delimitado pelas bacias dos afluentes do Paraíba do Sul, na zona da Mata, também contando, mais ao leste e ao nordeste, com porções das bacias dos rios Doce, Mucuri e Jequitinhonha, além de um espaço em afluentes do Grande – os rios Sapucaí e Verde.

## **2.5.2 Zoneamento Ecológico Econômico**

O Plano de Recursos Hídricos de Minas Gerais (IGAM, 2011) apresentou um resumo do Zoneamento Ecológico e Econômico do Estado. O objetivo do zoneamento foi de contribuir para a definição de áreas estratégicas para o desenvolvimento sustentável de Minas Gerais. Este zoneamento não estabelece regras de uso e ocupação, mas orienta quanto as características e vulnerabilidades associadas a cada região identificada.

O estudo integrou informações do meio geobiofísico, potencial produtivo, potencial institucional, potencial natural e potencial humano. O estudo gerou uma avaliação da vulnerabilidade natural e comprometimento dos recursos hídricos do Estado. A vulnerabilidade das águas foi assumida como o reverso da disponibilidade natural, adotada como sendo a ponderação entre a vazão de referência para outorga de usos da água superficial, captações a fio d'água e disponibilidade de aquíferos. A variável que expressa o indicador da disponibilidade natural de água superficial foi a  $Q_{7,10}$ . A disponibilidade natural de água subterrânea foi estimada com base nas reservas exploráveis, que correspondem à quantidade máxima de água que poderia ser explorada de um aquífero, sem riscos ao manancial.

A potencialidade de contaminação dos aquíferos foi analisada quanto a susceptibilidade de contaminação da água subterrânea por substâncias tóxicas

O nível de comprometimento (NC) foi identificado pelo grau de utilização do volume de água outorgável. Foram cruzadas outorgas constantes nos bancos de dados do IGAM e da ANA. Observou-se um comprometimento de grande parte da disponibilidade nas regiões onde há maior concentração das outorgas (Central, Triângulo)

---

<sup>13</sup> Mata Atlântica é um bioma caracterizado por precipitações orográficas altas devido ao relevo montanhoso. As florestas desse bioma são essenciais para a manutenção dos processos hidrológicos que asseguram a qualidade e a quantidade das águas.

## 2.6 SETORES DE RECURSOS HÍDRICOS

### 2.6.1 Usos da água

Os setores relacionados com recursos hídricos envolvem áreas socioeconômicas que utilizam a água. Os usos consuntivos estão relacionados com os seguintes usos: humano, animal, industrial e irrigação. O uso humano e industrial está no setor de saneamento básico, enquanto que o uso animal e irrigação fazem parte do setor agropecuário. As demandas de uso por tipo de usuário e o seu total no Estado são apresentados na tabela abaixo. O setor agropecuário tem demanda de 54,3% do total dos usos consuntivos no Estado, seguido pelo uso urbano doméstico com 20,5%, enquanto que o industrial somado da mineração chega a 25,2%.

Tabela 11 - Demanda de água em Minas Gerais (IGAM, 2011)

| Uso        | Vazão | %     |
|------------|-------|-------|
| Humano     |       |       |
| Urbano     | 42,5  | 20,5  |
| Rural      | 2,9   | 1,4   |
| Animal     | 20,8  | 10,0  |
| Industrial | 22,9  | 11,1  |
| Mineração  | 29,2  | 14,1  |
| Irrigação  | 89,0  | 42,9  |
| Total      | 207,4 | 100,0 |

Os usos considerados não consuntivos são para geração de energia (hidrenergia), navegação e recreação e meio ambiente<sup>14</sup>. Os setores relacionados são de energia, transporte e meio ambiente. Além disso, deve-se considerar os impactos devido aos usos da água e uso do solo. No saneamento básico, além de água e esgoto deve-se considerar: drenagem urbana e inundação ribeirinha e resíduos sólidos, segundo definição da legislação de saneamento.

### 2.6.2 Saneamento Básico

A principal fonte de informações para o saneamento são os relatórios do SNIS sobre Água e Esgoto 2014 (Ministério das Cidades, 2016a) e Resíduos Sólidos (Ministério das Cidades, 2016b).

Não existe ainda um relatório semelhante aos citados acima para drenagem urbana, mas existe um questionário sobre indicadores de drenagem urbana. As estatísticas sobre drenagem urbana são ainda limitadas devido à falta de serviços definidos para este componente do Saneamento básico nas

---

<sup>14</sup> Segundo algumas instituições ambientais o meio ambiente é considerado como um dos usos da água.

idades. Geralmente drenagem urbana está dentro de uma secretaria de obras ou planejamento, mas não existe um serviço relacionado, apenas atendimento a emergências relacionada com as inundações na cidade.

Segundo o IGAM (2011), o abastecimento de água em Minas Gerais é realizado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) em 70% dos municípios. Nos demais, os sistemas são operados por Serviços Autônomos de Água e Esgoto (SAAEs) e Departamentos Municipais de Água (SNIS, 2007). Segundo informações da COPASA, a companhia atende com abastecimento de água a 63,4% da população total do Estado e 36% da população com esgotamento sanitário, sendo cerca de 18% o percentual de municípios atendidos por sistema de esgotos.

### **Água e Esgoto**

Os principais indicadores de Minas Gerais quanto a Água e Esgoto são apresentados na tabela 12, abaixo.

Observa-se que a cobertura de água nas áreas urbanas é alta, chegando a 99,1%. Quanto ao esgoto, 35,03% do esgoto gerado é tratado e, considerando que a eficiência média do tratamento é da ordem de 85%, a carga efetiva tratada é de 29,8%. Este valor é distante do necessário para manter os rios dentro de padrões adequados de qualidade da água. Grande parte da redução da disponibilidade hídrica ocorre principalmente pela baixa qualidade da água.

### **Resíduos Sólidos**

As informações sobre o manejo dos resíduos sólidos são anualmente obtidas pelo SNIS junto aos municípios por meio de autodeclaração. Em 2014, 3.765 cidades responderam, representando uma população de 147.496.108 (Ministério das Cidades, 2016b). Em Minas Gerais responderam 583 municípios do total de 853.

O manejo dos resíduos sólidos é realizado pelo município, já que as empresas estaduais de saneamento prestam serviços apenas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. Na tabela abaixo, são apresentadas as estatísticas dos serviços prestados pelos municípios quanto a resíduos sólidos (RS), RS+AB (abastecimento de água); RS+ ES (esgotamento sanitário); RS+AB+ES. Observa-se que os serviços prestados pelos municípios são prioritariamente de resíduos sólidos, da ordem de 60%, ficando a empresa estadual com os serviços de água e esgoto. Observa-se que o município assume da ordem de 17 a 26% destes três serviços.

O índice de coleta de resíduos domiciliares médio do Brasil é de 98,6% e na região Sudeste de 99,2%, das cidades que preencheram os formulários. Isto representa uma cobertura ampla, apesar de existirem pequenas cidades com taxas de até 14,5% em nível nacional e 38,5% na região Sudeste.

Tabela 12 - Indicadores de Água e Esgoto em Minas Gerais (SNIS, 2014)

| <b>Código</b> | <b>Descrição do indicador</b>                                                         | <b>Valor</b> |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| IN005         | Tarifa média R\$/m³                                                                   | 2,7          |
| IN006         | Tarifa média de esgoto R\$/m³                                                         | 2,21         |
| IN055         | Índice de atendimento total de água %                                                 | 87           |
| IN023         | Índice de atendimento urbano de água %                                                | 99,1         |
| IN053         | Consumo médio de água por economia (m³/mês/economia)                                  | 12,14        |
| IN022         | Consumo médio per Capita de água (L/hab/dia)                                          | 154,14       |
| IN013         | Índice de perdas faturamento                                                          | 29,88        |
| IN049         | Índice de perdas na distribuição                                                      | 33,74        |
| IN056         | Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água %    | 75,22        |
| IN024         | Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água     | 85,83        |
| IN047         | Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto % | 93,13        |
| IN015         | Índice de coleta de esgoto %                                                          | 63,45        |
| IN016         | Índice de tratamento de esgoto %                                                      | 49,34        |
| IN046         | Índice de esgoto tratado referido à água consumida %                                  | 35,03        |

Tabela 13 - Proporção das cidades que preencheram os formulários quanto a prestação de serviço (%)

| <b>Região</b> | <b>RS</b> | <b>RS + AB</b> | <b>RS+ES</b> | <b>RS+AB+ES</b> |
|---------------|-----------|----------------|--------------|-----------------|
| Brasil        | 67,3      | 8,8            | 7,2          | 16,8            |
| Sudeste       | 60        | 3,4            | 10,6         | 26,1            |

Quanto à massa coletada *per capita* da população urbana (SNIS/IBGE), indicador de volume, o valor médio brasileiro foi de 1,05 kg/hab/dia em 2014, enquanto que em Minas Gerais foi de 0,83 kg/hab/dia.

O SNIS-RS, na edição de 2014, apurou que a coleta seletiva é praticada em 1.322 dos 3.765 municípios participantes, que representa 35,1% deste universo. Na região sudeste a coleta seletiva de qualquer modalidade chega a 81,2% e na coleta porta a porta chega a 41,9 %.

No relatório não foram mencionadas estatísticas sobre disposição final de resíduos sólidos em aterros, lixões ou outros.

## Drenagem urbana e inundações ribeirinhas

O IBGE (2008) mostra que 2.272 municípios brasileiros declararam ter sofrido um ou sofrido mais de um evento de inundação nos últimos 5 anos. A figura 4 apresenta a distribuição espacial destes municípios.

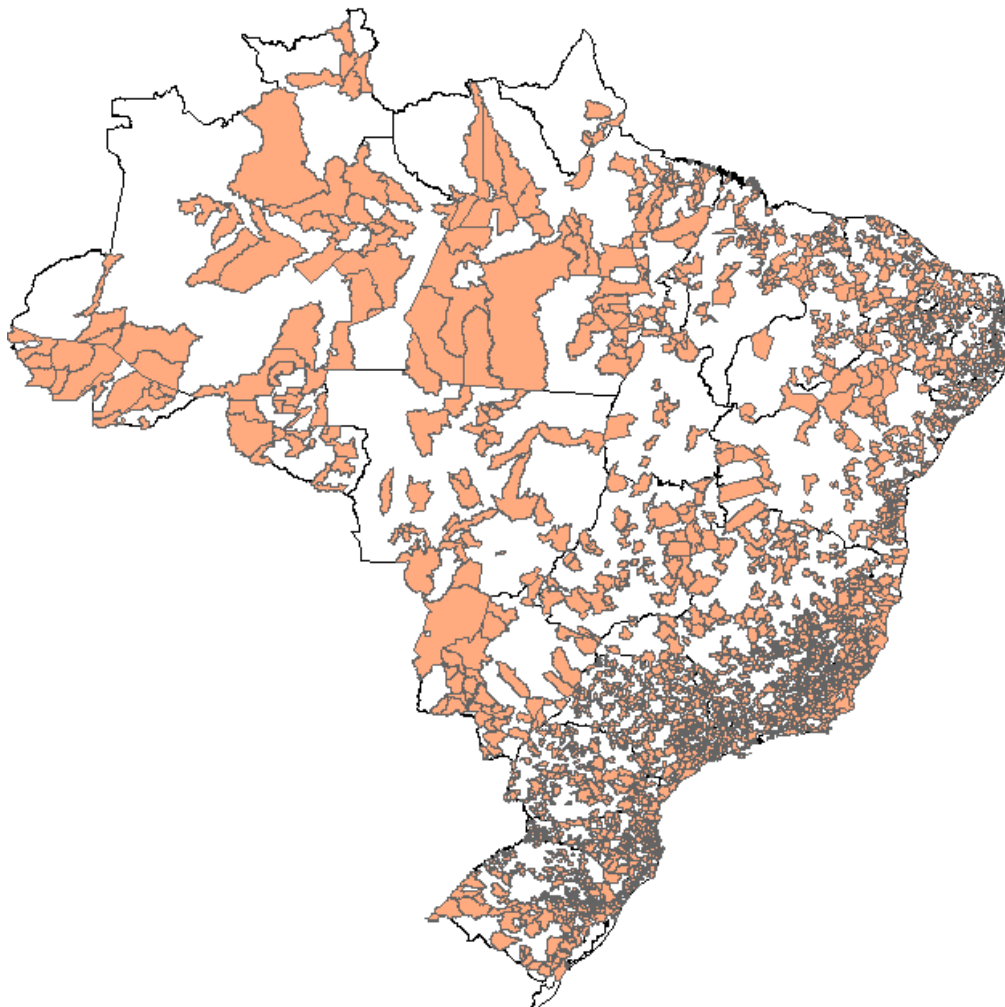


Figura 4: Municípios com pelo menos 1 evento de inundação nos últimos 5 anos (IBGE, 2010).

O serviço de drenagem é realizado pelos municípios, quando existem. Em 2008, 99,6% dos municípios tinham seus sistemas de drenagem administrados diretamente pelas prefeituras, sendo predominantemente vinculados às secretarias de obras e serviços públicos. Apenas 22,5% dos municípios do país declararam possuir Plano Diretor de Drenagem Urbana. (Ministério das Cidades, 2011)

Segundo o IBGE (2010), das 853 cidades de Minas Gerais, 120 possuem alguma regulação sobre drenagem urbana, 19 tinham Plano Diretor de Drenagem e 70 possuíam Plano Diretor Urbano, 10 possuíam Plano Diretor de Recursos Hídricos e 12 possuíam Plano Diretor integrado de Saneamento. Em Minas Gerais existem 366 cidades que exigem a implantação de drenagem nos

novos loteamentos e as cidades restantes não possuem esta exigência, apesar da legislação federal especificar. Estes dados geralmente são precários porque apesar das cidades indicarem que possuem serviços, os mesmos não cobrem a prevenção de controle de impactos, regulação da drenagem, conservação e manutenção de redes.

Dias (2012) analisou os municípios com projetos do PAC e identificou as principais causas dos problemas de inundação:

- Em 83,9% dos municípios há assoreamento na rede de drenagem;
- Em 91,0% ocorreram inundações e/ou alagamentos nos últimos 5 anos, as inundações e/ou alagamentos ocorrem principalmente em *'áreas urbanas ocupadas ou inundáveis naturalmente pelos cursos d'água, sendo o fator agravante principal a 'ocupação Intensa e desordenada do solo'*;
- Em 81,4% há áreas de risco, predominando *'áreas sem Infraestrutura de drenagem'* e *'áreas de baixios sujeitas a inundações e/ou proliferação de vetores'*.

### **2.6.3 Agropecuária**

Em 2007, a projeção da área irrigada em MG foi próxima a 523 mil ha (ANA, 2005). A demanda de água para a agricultura irrigada é a maior do Estado, 107,75 m<sup>3</sup>/s (0,2 L/s), representando 48,6% da demanda total. As menores demandas são da pecuária, 20 m<sup>3</sup>/s, com cerca de 9,4% do total, sendo 88% para bovinos. (IGAM, 2011).

As principais áreas de irrigação retiram água de sistemas como o São Francisco, como é o caso do projeto Jaíba, portanto, com baixo risco de demanda. Os projetos mais vulneráveis são os que retiram água de afluentes com menor capacidade de regularização e produzem conflitos de uso da água, principalmente quando existem áreas urbanas próximas.

Os maiores riscos relacionados a eventos críticos ocorrem para o plantio de sequeiro. Nos anos secos este plantio sofre grande impacto no resultado da produção.

### **2.6.4 Industrial**

No âmbito do Estado, a indústria apresenta maior concentração nas regiões Central, Sul de Minas, Centro-Oeste e Zona da Mata. No entanto, cerca da metade dos municípios do Estado (48,1%) possui indústrias de maior importância. A demanda total de água da indústria é de 22.932 l/s (10,3% do total), com 83% provenientes de manancial superficial.

Cerca de 64% do total das indústrias são de pequeno porte, contra 32% das indústrias de médio e grande porte, e utilizam água da rede pública. O



volume de água captado diretamente pelas empresas corresponde a apenas 3,6% do volume total.

A grande proporção de demanda de água para indústria é atendida pelas empresas de água no Estado. Isto faz com que os riscos de oferta x demanda sejam associados ao conjunto das áreas urbanas do Estado.

### **2.6.5 Mineração**

A vazão total captada para mineração é 29.170 l/s, sendo 98% proveniente de corpos de água superficial. Geralmente a água captada entra no circuito da mina para o processamento do minério. Não é conhecida a proporção de reuso da água da mineração.

Na gestão do rejeito das minas, é necessária a construção de reservatórios para dispor o rejeito. Neste tipo de barragem, o maior risco é o acúmulo de água, pois a mesma aumenta o risco de rompimento da barragem. A gestão de risco dessas barragens é um dos principais problemas ambientais em Minas Gerais devido ao grande número de barragens e o risco de rompimento e impacto a jusante das mesmas, onde podem existir cidades e mesmo áreas ambientais importantes, como o ocorrido recentemente em Mariana (novembro/2015).

Em termos espaciais, segundo estudos do PERH/MG (IGAM, 2011), as principais tendências de desenvolvimento indicam que “a maior parte dos investimentos anunciados aprofunda as especializações produtivas do território mineiro”, como a exploração de minerais e seu processamento, concentrados na região próxima a Congonhas e Ouro Branco, na bacia hidrográfica do Paraopeba.

Quanto a investimentos mais significativos em termos de mudança do perfil produtivo regional, cabe destacar a exploração do potencial mineral do Norte de Minas, região com relativa escassez na oferta de água, onde a implantação dessa atividade pode provocar conflitos entre os diversos usuários de recursos hídricos (IGAM, 2011).

### **2.6.6 Hidroenergia**

A geração de energia com base em hidrelétrica, em MG, se baseia principalmente em grandes aproveitamentos nos formadores do rio Paraná, Grande e Paranaíba e no São Francisco. Outros aproveitamentos menores são encontrados no Doce e PCHs distribuídas pelo Estado. Na margem esquerda do São Francisco existe uma tendência de regularização natural maior, privilegiando sistemas sem reservação.

O sistema do rio Paraná, mais importante produtor do país em energia hidrelétrica, depende da regularização de reservatório como o de Furnas. O

reservatório de Três Marias, junto com Sobradinho é também um dos principais reservatórios de regularização do S. Francisco. Observa-se que, em Minas Gerais, se encontram os reservatórios de regularização do sistema elétrico de bacias importantes.

A tendência das últimas duas décadas no país foi a construção de usinas sem regularização, fazendo reduzir a relação hectômetro/MW instalado, aumentando o risco de falha do sistema e aumentando a dependência das térmicas e maior flutuação do preço no mercado livre. Este processo ocorreu principalmente pelo pouco incentivo da construção dos reservatórios de regularização devido ao custo de aprovação dos empreendimentos, impactos ambientais e a falta de compensação econômica adequada quando da oferta de regularização no conjunto de reservatórios da cascata.

O potencial do Estado estimado é de 7.691 MW, sendo 45 UHE com 4.100 MW e 335 PCHs com 3.591 MW<sup>15</sup>.

### **2.6.7 Transporte**

Segundo IGAM (2011), são oito os rios mineiros que estão incluídos no Sistema Hidroviário Nacional, no contexto do Plano Nacional de Viação, definido pela Lei nº 5.917/1973. São eles: São Francisco, Grande, Paranaíba, Doce, Velhas, Paraopeba, Paraíba do Sul e Paracatu.

Os principais sistemas de navegação potenciais ou existentes são: Hidrovia do São Francisco; Hidrovia Doce; Hidrovia Grande-Paraná-Tietê e Hidrovia Paranaíba-Paraná-Tietê.

Os portos fluviais de Iturama (Grande) e Santa Vitória (Paranaíba), no Triângulo Mineiro, e de Pirapora (S. Francisco) podem se tornar opção para o escoamento da produção de uma vasta região, fazendo com que os produtos cheguem aos países do MERCOSUL e mesmo a outras regiões.

## **2.7 VULNERABILIDADE A QUALIDADE DA ÁGUA E MEIO AMBIENTE**

### **2.7.1 Fontes de poluição**

Os principais impactos ambientais sobre os sistemas hídricos estão relacionados com o seguinte:

- Esgoto sanitário das cidades, águas pluviais e resíduos sólidos, sedimentos e erosão do solo urbano devido a limitada gestão urbana;
- Produção industrial relacionada com metais e minérios;

---

<sup>15</sup> **FONTE:** [www.sede.mg.gov.br](http://www.sede.mg.gov.br).

- Agropecuária com agrotóxicos e dejetos dos animais, uso do solo rural;
- Barragens e outras obras hidráulicas que alteram as condições dos escoamentos fluviais e das suas condições ambientais.

As cargas poluentes são pontuais e difusas. As cargas pontuais são principalmente devido ao esgoto doméstico e industrial e a falta de tratamento. As cargas difusas estão relacionadas com a precipitação e escoamento superficial como: contaminação de agrotóxicos, lavagem de superfícies urbanas poluídas, erosão e sedimentação, resíduos sólidos e pequenas contaminações rurais e de mineração.

### **2.7.2 Monitoramento**

O monitoramento de qualidade da água em Minas Gerais é realizado pela ANA e principalmente IGAM. A rede básica de monitoramento (macro-rede), em 2014, contava com 543 estações de amostragem distribuídas nas bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Grande, Doce, Paranaíba, Paraíba do Sul, Mucuri, Jequitinhonha, Pardo, Buranhém, Itapemirim, Itabapoana, Itanhém, Itaúnas, Jucuruçu, Peruípe, São Mateus e Piracicaba/Jaguari.

Nas regiões em que são dominantes as pressões ambientais decorrentes de atividades industriais, minerárias e de infraestrutura, são operadas redes de monitoramento específicas para cada tipo de pressão antrópica, as quais são denominadas redes dirigidas, atualmente com 42 estações. Essas redes têm objetivos específicos (IGAM, 2015).

Os principais indicadores utilizados no monitoramento são um conjunto de parâmetros de qualidade da água que medem as cargas orgânicas, industriais e tóxicas. Os indicadores foram reunidos em IQA: Índice de Qualidade de Água, baseado na composição de vários parâmetros de qualidade da água. Foi utilizada a ponderação de: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, variação da temperatura da água, turbidez e sólidos totais. Para a ponderação destes parâmetros é estabelecida uma classificação qualitativa da situação do corpo d'água.

A Contaminação por Tóxicos – CT - avalia a presença de 13 substâncias tóxicas nos corpos de água, quais sejam: arsênio total, bário total, cádmio total, chumbo total, cianeto livre, cobre dissolvido, cromo total, fenóis totais, mercúrio total, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal total e zinco total.

O estado trófico (IET) é analisado e afeta principalmente os reservatórios e lagos, onde a velocidade do escoamento é baixa e o seu tempo de residência é alto. A eutrofização é o aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos. Isto ocorre

principalmente pelas cargas pontuais sem tratamento como o esgoto doméstico e cargas difusas. O Índice de Estado Trófico (IET) tem por finalidade classificar corpos de água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo do fitoplâncton. Este indicador foi estimado com base no fósforo total e da clorofila-a nos ambientes lânticos e lóticos.

### **2.7.3 Limitações**

A concentração de um parâmetro de qualidade da água depende da vazão do rio ( $\text{carga} = \text{concentração} \times \text{vazão}$ ) e, portanto, a variabilidade das condições de qualidade da água depende da sazonalidade e dos anos secos e úmidos. A associação entre vazão e concentração é essencial para o entendimento dos processos e análise do enquadramento dos rios e seu programa de despoluição. O relatório de monitoramento anual analisa as condições do ano, quanto à vazão, mas não associa as concentrações às vazões para definição dos indicadores dos rios.

As cargas difusas dificilmente são obtidas no monitoramento de qualidade da água, pois a amostragem é periódica e a probabilidade de que a amostra seja realizada no momento adequado para estimar a carga difusa é muito baixa. O pico do polutograma<sup>16</sup> de uma carga difusa ocorre próximo dos primeiros 20 a 30 mm de chuva de uma bacia hidrográfica. O monitoramento existente retrata principalmente as cargas pontuais e retratam as condições de cargas orgânicas de efluentes de esgoto doméstico e industrial. Para obter a carga difusa é necessário um programa de monitoramento especial.

### **2.7.4 Vulnerabilidade**

Os resultados do monitoramento anual permitem uma visão das áreas mais poluídas, que ocorrem próximas aos centros urbanos maiores, como a bacia do rio das Velhas. Para avaliar as mudanças de qualidade da água é necessário estimar as cargas e sua relação com a qualidade das águas dos rios.

As principais vulnerabilidades são observadas pela: (a) escassez devido à qualidade da água (ver anexo B); devido à falta de tratamento dos efluentes, gerando o que se chama “ciclo de contaminação<sup>17</sup>” (Tucci, 2007); (b) pela eliminação ou redução da fauna e alteração dos ecossistemas pela grande carga poluente.

---

<sup>16</sup> Variação da concentração de indicador de poluição no tempo.

<sup>17</sup> Ciclo de contaminação é produzido pela retirada de água de montante e lançamento de esgoto não-tratado para jusante, desta forma uma cidade transfere para a próxima a jusante sua fonte de contaminação, gerando um ciclo ao longo dos rios que utilizam a água na bacia.

Existem dois períodos de vulnerabilidade: (a) durante a estiagem quando a vazão de diluição é pequena e a carga pontual alta; (b) no início do período chuvoso quando a carga difusa das cidades é alta e a qualidade se reduz, apesar da vazão mais alta.

## 2.8 VULNERABILIDADE A EVENTOS CRÍTICOS

As principais vulnerabilidades devido a eventos extremos podem ocorrer devido a inundações, disponibilidade hídrica em períodos de secas e a desastres. Esta última vulnerabilidade é tratada somente quando relacionada com obras hidráulicas. No anexo B, são apresentados os principais conceitos relacionados aos termos usados sobre segurança hídrica, vulnerabilidade, inundações, secas e estiagens.

### 2.8.1 Inundações

As inundações são dos seguintes tipos principais:

- (a) **Inundações ribeirinhas** que ocorrem na várzea dos rios médios e grandes, devido ao extravasamento natural do escoamento durante o período chuvoso (em média a cada 2 anos);
- (b) **Inundações na drenagem urbana** em bacias pequenas em áreas urbanas devido principalmente a impermeabilização do solo e canalização dos canais e rios;
- (c) **Combinação dos anteriores**

A vulnerabilidade nas inundações ribeirinhas é decorrência da ocupação da várzea pela população em períodos secos e consequente impactos durante períodos úmidos. O impacto ocorre sobre a população que ocupa o espaço. No segundo caso de drenagem urbana, a vulnerabilidade é decorrência de todo o uso na bacia hidrográfica. A população de montante impacta a população que está a jusante na bacia, por transferência de impacto.

SEAM (2015) apresenta uma avaliação recente destes impactos (figura 5) onde se observa que, em média, 184 cidades (21,6%) têm sido atingidas nos últimos anos, sendo o máximo em 2006/2007 com 316 (37%) cidades.

Na tabela 14, são identificados prejuízos humanos e materiais. O total de pessoas atingidas de 2008 a 2014 foi de 7,5 milhões de pessoas, representando 37,5% da população do Estado. Ocorreram 160 mortes, com média anual de 23 mortes, representando importante impacto humano. Os prejuízos totais são de R\$ 5,9 bilhões de reais (sem ajuste da inflação). O valor médio anual é de R\$ 850 milhões/anuais. Estes valores possuem incertezas, mas permitem uma estimativa aproximada da vulnerabilidade econômica.

A avaliação recente das inundações seguiu a metodologia da ANA que é qualitativa quanto aos efeitos e magnitude. Foram identificados 126 trechos

com inundação no Estado. Os municípios mais atingidos são apresentados na figura 6.



Figura 5: Número de cidades atingidas por desastres por chuva em Minas Gerais (fonte: SEMAD, 2015).

Dos quase 974 mil trechos de rios do Estado, 24.618 apresentaram inundações até o final de 2015. Era de se esperar que isto ocorresse, já que 10 anos de tempo de retorno é a probabilidade de ocorrência de uma inundação, segundo a metodologia, espera-se que, naturalmente, uma proporção dos trechos sofram inundações periódicas. (Neste caso, 2,5% dos trechos em 2015). Inundações em rios são um processo natural em qualquer ambiente natural. A vulnerabilidade ocorre quando estas inundações atingem a produção e as pessoas.

Tabela 14 - Impactos (SEMAD, 2015)

| Ano   | Impactos Humanos |         |                      |                     |                  | Prejuízo Econômico <sup>1</sup><br>R\$ milhões |
|-------|------------------|---------|----------------------|---------------------|------------------|------------------------------------------------|
|       | Mortes           | Feridos | Desabrigados<br>1000 | Desalojados<br>1000 | Afetados<br>1000 |                                                |
| 2008  | 44               | 482     | 11,63                | 113,55              | 1175,0           | 824,0                                          |
| 2009  | 20               | 68      | 2,41                 | 11,21               | 861,1            | 128,8                                          |
| 2010  | 23               | 439     | 4,30                 | 37,88               | 1568,7           | 876,6                                          |
| 2011  | 20               | 346     | 9,59                 | 106,62              | 3626,0           | 1632,2                                         |
| 2012  | 24               | 13      | 0,50                 | 6,48                | 43,8             | 261,0                                          |
| 2013  | 23               | 229     | 17,30                | 33,06               | 188,7            | 2138,7                                         |
| 2014  | 6                | 19      | 0,24                 | 3,06                | 42,9             | 35,4                                           |
| Total | 160,0            | 1596    | 45,98                | 311,85              | 7506,1           | 5896,7                                         |
| Média | 22,9             | 228     | 6,57                 | 44,55               | 1072,3           | 842,4                                          |

1 – Aparentemente, estes valores não foram ajustados a inflação.

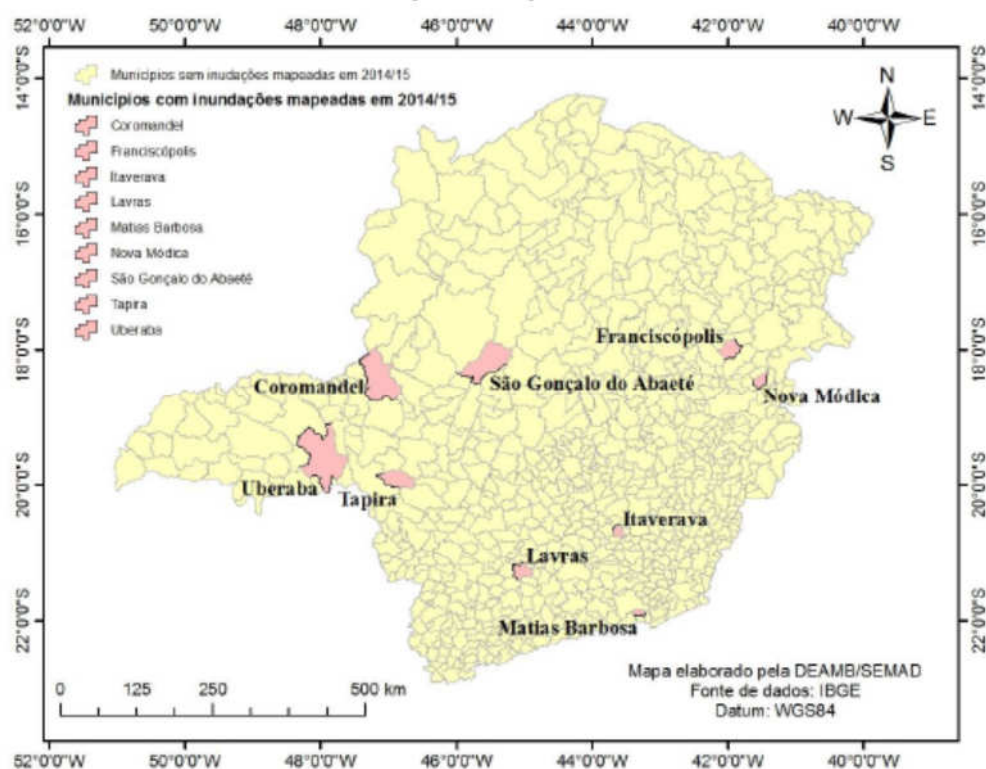


Figura 6: Municípios com destaque nas inundações em 2014/2015 (SEMAD, 2015).

## 2.8.2 Disponibilidade hídrica

Os conceitos de disponibilidade hídrica são identificados no Anexo B. A vulnerabilidade à disponibilidade hídrica pode ocorrer devido ao seguinte:

- (a) **Excesso de demanda** para uma determinada área em função da disponibilidade hídrica existente;
- (b) **Falta de infraestrutura** de adução e/ou distribuição da água ou falta de infraestrutura de regularização;
- (c) **Escassez de água de qualidade** por contaminação das fontes;
- (d) **Eventos críticos**: são eventos críticos provocados por secas excepcionais que tornam as condições de disponibilidade muito abaixo das condições de projeto, representando uma emergência.

As principais vulnerabilidades em função da escassez quantitativa ocorrem em regiões relacionadas com a baixa precipitação. São 168 municípios incluídos na área de seca da SUDENE, correspondente aos municípios do vale do Jequitinhonha e Mucuri, além do São Francisco. A vulnerabilidade de abastecimento urbano devido à infraestrutura é baixa, já que a cobertura das áreas urbanas para abastecimento é alta (ver item saneamento). No entanto, existem riscos de segurança hídrica durante períodos críticos de estiagem e pela contaminação em áreas de influência de grandes áreas urbanas, como o rio

das Velhas. Na figura 7, é apresentado o cenário distribuído de Minas Gerais quanto ao abastecimento de água.

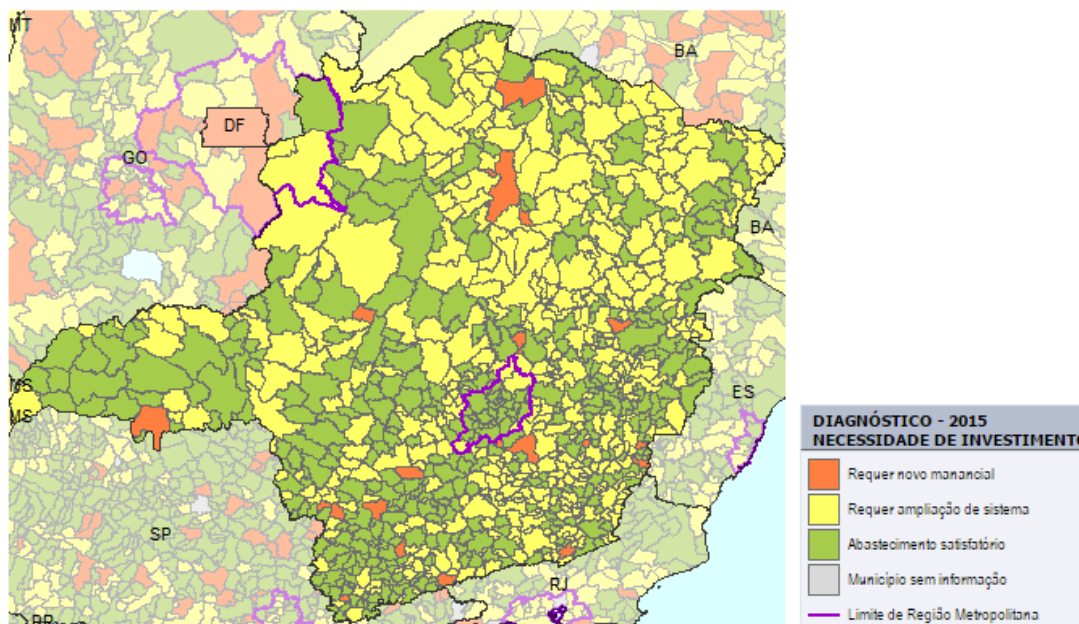


Figura 7: Situação do abastecimento urbano em Minas Gerais (ANA, 2015b).

### 2.8.3 Desastres

Os desastres podem ocorrer por diferentes causas naturais ou antrópicas. Com a existência de infraestrutura hidráulica, aumentam os riscos de eventos naturais que podem produzir desastres em infraestruturas existentes, como as barragens. Em 2010, foi criada a legislação brasileira de segurança de barragens (a Lei Federal nº 12.334, de 20 setembro de 2010).

A FEAM cadastra os reservatórios de uso industrial e mineração. Os dados atuais (2008) apontam a existência de 661 estruturas cadastradas, entre barragens de contenção de rejeitos, resíduos e reservatórios de água. Desse total, 373 pertencem a minerações e 233 pertencem a indústrias. Conforme o potencial de dano ambiental, as estruturas distribuem-se em:

- (a) 168 (28%) - pertencem à classe I - baixo potencial de dano ambiental;
- (b) 251 (41%) - pertencem à classe II - médio potencial de dano ambiental;
- (c) 187 (31%) - pertencem à classe III - alto potencial de dano ambiental.

([www.feam.br](http://www.feam.br)).

## 2.9 ASPECTOS INSTITUCIONAIS

Os aspectos institucionais dos diferentes aspectos relacionados com a segurança hídrica envolvem aspectos legais e de gestão, destacados nos itens



seguintes. IGAM estabeleceu um cadastro das barragens ou reservatório de águas<sup>18</sup>, excetuando os reservatórios para geração de energia<sup>19</sup>.

### 2.9.1 Aspectos legais

Existe um grande número de elementos legais relacionados com a gestão de recursos hídricos e os setores relacionados. Serão destacados alguns instrumentos legais considerados fundamentais no desenvolvimento desta estratégia em nível nacional e estadual. Na tabela 15, é apresentado um resumo destes instrumentos legais relacionados com a gestão de recursos hídricos, saneamento, meio ambiente e segurança de barragens.

A legislação de recursos hídricos (lei 9433, de 1997, ver tabela) regula os usos das águas e seu plano não é de desenvolvimento, mas de controle da gestão dos recursos. A lei estabelece, nos seus objetivos, a gestão dos eventos extremos, mas nos seus principais instrumentos, que são os Planos Estadual e o de Bacias, não foram especificadas gestões sobre eventos extremos.

Os instrumentos identificados na legislação são a outorga que regula o uso da água e o enquadramento, que é um Plano de Despoluição da bacia. Portanto, a legislação deixou um vácuo regulatório sobre a assunto desde a criação da política. Em 2010, foi introduzida de forma tardia, se comparado com outros países, a legislação de segurança de barragem, que está sendo regulamentada por vários setores quanto ao Plano de Segurança e o Plano de Ação de Emergência. Os reservatórios de usos múltiplos estão sob o acompanhamento da ANA, os reservatórios de energia pela ANEEL, que apresentou regulamentação em dezembro de 2015 e os industriais e de mineração por parte do DNPM (regulamentação desde 2012). A ANA mantém um cadastro das barragens sob sua responsabilidade (ANA, 2015), da mesma forma que a FEAM, DNPM e ANEEL estão atualizando os mesmos.

Tabela 15 - Seleção de algumas legislações e regulamentações<sup>1</sup>

| <b>Lei ou regulamentação</b> | <b>Nível</b> | <b>Abordagem</b>                                                                                                 |
|------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lei 9433, 8 janeiro de 1997  | Nacional     | Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos |

<sup>18</sup> O cadastro é obrigatório aos empreendedores de barragens destinadas à acumulação de água que apresentem a altura do maciço maior ou igual a quinze metros e cuja capacidade total do reservatório seja maior ou igual três milhões de metros cúbicos e estruturas cujo dano potencial associado seja médio ou alto em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido na Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº 143/2012.

<sup>19</sup> Resolução Conjunta entre a Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e o IGAM nº 2257, de 31 de dezembro de 2014, que define o novo procedimento, foi publicada no dia 22 de janeiro de 2015.

|                                                                                             |          |                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999.                                                    | Estadual | Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências                                                                                          |
| Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.                                                     | Nacional | Diretrizes nacionais para o saneamento básico                                                                                                                           |
| Resolução no 357, de 17 de março de 2005 - CONAMA                                           | Nacional | Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento                                                                                       |
| Decreto nº 41.578, de 08 de março de 2001.                                                  | Estadual | Política Estadual de Recursos Hídricos                                                                                                                                  |
| Decreto 46636, de 28/10/2014                                                                | Estadual | Contém o Regulamento do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM                                                                                                    |
| A lei 12.334, de 20 de setembro de 2010                                                     | Nacional | Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB)                                                                                                                      |
| Resolução nº 143, de 10 de julho de 2012 – CNRH                                             | Nacional | Critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume                                                       |
| Resolução no 144, de 10 de julho de 2012                                                    | Nacional | Implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, |
| Portaria nº 416 de 3 de setembro de 2012 do DNPM                                            | Nacional | Departamento Nacional de Produção Mineral que cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração                                                                        |
| Resolução Normativa nº 696, de 15/12/2015 ANEEL                                             | Nacional | Plano de Segurança e realização da Revisão Periódica de Segurança em barragens fiscalizadas pela ANEEL                                                                  |
| Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012                                                       | Nacional | A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil e Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil                              |
| Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, modificada por Leis 9.433/97, 9.984/00 e nº 9.993/00, | Nacional | compensação financeira pela utilização dos recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica                                                                   |

1- Existem várias normativas nacionais e estaduais que não foram incluídas.

No âmbito do saneamento, ficaram os riscos relacionados com a disponibilidade hídrica de abastecimento humano e a gestão da drenagem urbana e inundação ribeirinha nas cidades. A legislação federal identifica que o titular dos serviços é o município.

A Defesa Civil tem uma política nacional recente (2012) que trata da gestão das crises de desastres que podem estar associados aos eventos extremos em recursos hídricos.

### 2.9.2 Aspectos Econômicos

O fundo de recursos da compensação financeira estabelecido pela legislação de 1990 (ver tabela) recebe 6,75% da energia gerada do mês com uma tarifa atualizada de referência estabelecida por regulamentação (TAR= R\$85,26 em 2015). Este valor é acrescido também dos “royaltes” de Itaipu, que seguem uma lógica semelhante, mas é um empreendimento bi-nacional. O total arrecado no país, em 2015, foi de R\$ 2,459 bilhões e Minas Gerais arrecadou R\$ 106,85 milhões.

Tabela 16 - Distribuição dos recursos da legislação de compensação<sup>1</sup>

(fonte: <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=42>)

| Destino             | Valor (%) |
|---------------------|-----------|
| Estados             | 45        |
| Municípios          | 45        |
| MMA <sup>2</sup>    | 3         |
| MME                 | 3         |
| FUNDCT <sup>3</sup> | 4         |

1 depois de retirado 0,75% para a gestão de recursos hídricos (para ANA – Agência Nacional de Águas); coleta de dados hidrológicos; 3 para CTHidro que financia pesquisas em Recursos Hídricos.

### 2.9.3 Gestão

Em nível nacional, a Gestão de Recursos Hídricos possui o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, integrado por representantes do governo federal, estadual, das bacias, sociedade civil, entre outros. A política de Recursos Hídricos é preparada pelos Ministério de Meio Ambiente por meio da Secretaria de Recursos Hídricos e a ANA implementa a política. Os recursos da gestão são obtidos junto a cobrança pelo uso da água e pelo fundo de compensação e royalts (ver item anterior).

Em nível estadual, O IGAM (criado em 17 de julho de 1997), vinculado à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) é a agência estadual que atua na execução da gestão de recursos hídricos. Na esfera estadual, o IGAM integra o Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA) e o Sistema Estadual de Recursos Hídricos (SEGRH).

Fazem parte do Sistema Estadual de Recursos Hídricos: a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável como coordenador; o Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH-MG, órgão deliberativo e normativo central; o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM, órgão gestor; os Comitês de Bacia Hidrográfica de rios de domínio estadual; órgãos deliberativos e normativos na sua área territorial de atuação: as Agências de Bacias Hidrográficas e as entidades a elas equipadas - unidades executivas

descentralizadas; os órgãos e entidades dos poderes estadual e municipais cujas competências se relacionem com a gestão dos recursos hídricos.

O sistema estadual reproduz de certa forma a configuração federal da gestão de recursos hídricos, sendo o IGAM a agência gestora de apoio a preparação dos elementos para o CERH como a coordenação do Plano Estadual de Recursos Hídricos, estudos e propostas. O decreto<sup>20</sup>, no seu artigo 4º, estabeleceu as atribuições do IGAM que são as seguintes:

- “Assegurar, para a atual e as futuras gerações, a disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- Executar diretrizes relacionadas à gestão das águas no território mineiro e à política estadual de recursos hídricos;
- Programar, coordenar, supervisionar e executar estudos que visem à elaboração e à aplicação dos instrumentos de gestão das águas e da política estadual de recursos hídricos;
- Promover, incentivar, executar, publicar e divulgar estudos, projetos, pesquisas e trabalhos técnico-científicos de proteção e conservação das águas, visando ao seu consumo racional e aos usos múltiplos;
- Desempenhar, em cooperação com órgãos e entidades encarregados de implementar a política estadual de recursos hídricos, as funções técnicas e administrativas necessárias à utilização racional dos recursos hídricos do Estado, objetivando seu aproveitamento múltiplo;
- Incentivar e prestar apoio técnico à criação, à implantação e ao funcionamento de comitês e agências de bacias hidrográficas, bem como coordenar o processo eleitoral dos comitês de bacias hidrográficas;
- Coordenar a elaboração e a atualização do plano estadual de recursos hídricos e dos planos diretores de recursos hídricos, bem como articular sua implementação;
- Subsidiar o CERH no estabelecimento de critérios e normas gerais sobre outorga, enquadramento, cobrança e demais instrumentos da política estadual de recursos hídricos;
- Gerir o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos;
- Atuar junto ao COPAM e ao CERH como órgão seccional de apoio nas matérias de sua área de competência;
- Orientar a elaboração e acompanhar a aprovação e o controle da execução de planos, estudos, projetos, serviços e obras na área de recursos hídricos, bem como participar de sua elaboração quando desenvolvidos por instituições conveniadas;
- Proporcionar, na área de sua competência, assistência técnica aos municípios e aos demais segmentos da sociedade;

---

<sup>20</sup> Decreto n. 46636, DE 28/10/2014

- Medir e monitorar a qualidade e a quantidade das águas de forma permanente e contínua;
- Desenvolver, aplicar e difundir tecnologias de gestão de recursos hídricos;
- Prestar apoio técnico e administrativo à coordenação do Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais - FHIDRO;
- Promover a articulação de ações integradas com os órgãos e entidades outorgantes da União e dos Estados limítrofes a Minas Gerais para a gestão de bacias compartilhadas;
- Apoiar a SEMAD no processo de outorga e fiscalização de recursos hídricos, bem como na aplicação de sanções administrativas no âmbito de sua atuação. "

A estrutura de gestão do IGAM é apresentada na figura 8, abaixo. Esta estrutura está sendo revisada pelo Estado.

A gestão dos eventos críticos em Minas Gerais e, em consequência dos aspectos de segurança hídricos, tem como agente principal o IGAM. A sua estrutura possui equipes no monitoramento de eventos críticos.

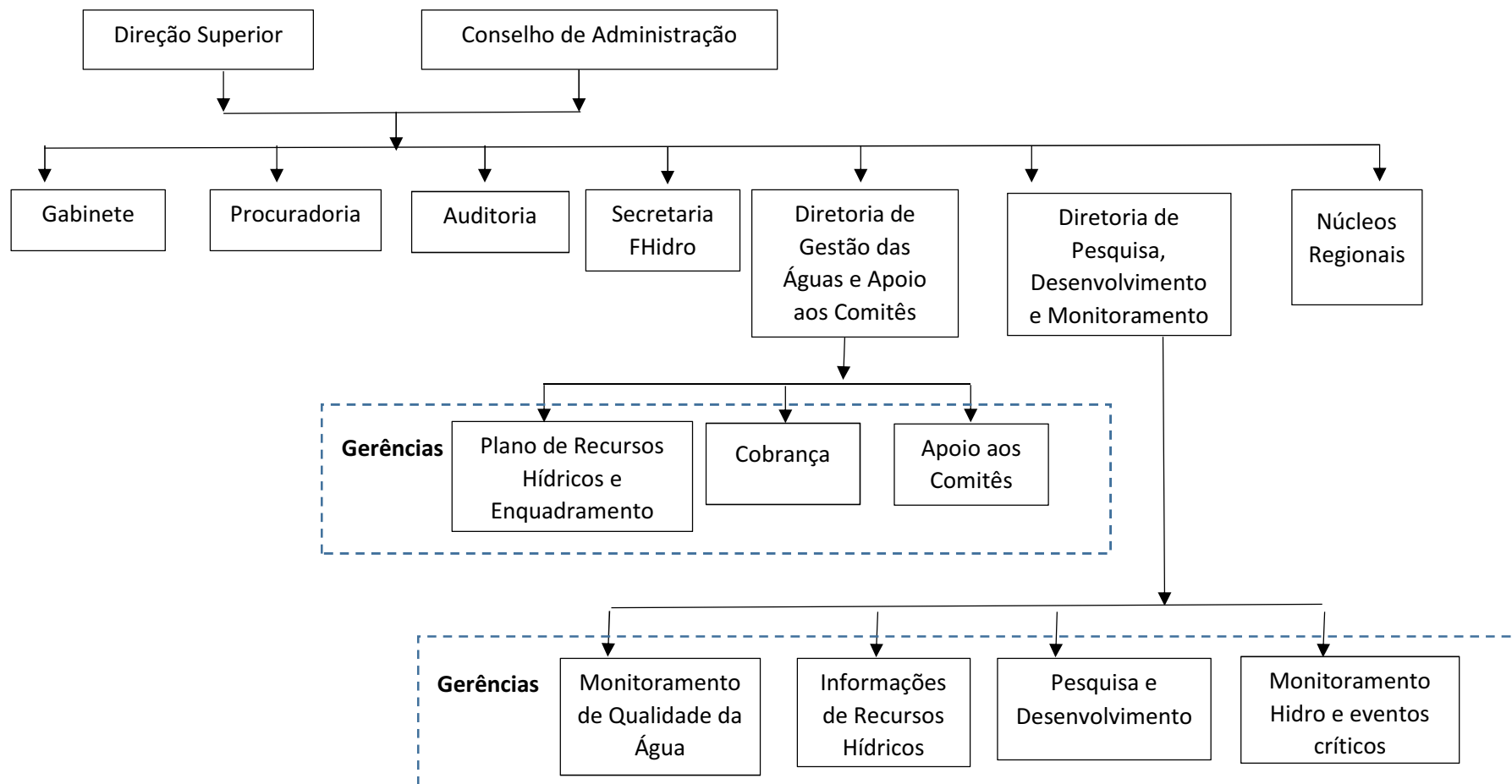


Figura 8: Estrutura da gestão do IGAM

### 3.SEGURANÇA HÍDRICA

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos sobre Segurança hídrica, como abordado neste estudo.

O item seguinte identifica as vulnerabilidades hídricas. No segundo, item são apresentadas as definições da segurança hídrica e sua estrutura relacionada a gestão dos recursos hídricos. No terceiro, item são destacadas as medidas utilizadas para reduzir as vulnerabilidades e no último item é apresentada a estrutura da gestão de risco utilizada na segurança hídrica.

#### 3.1 VULNERABILIDADE HÍDRICA

A *vulnerabilidade hídrica a um evento crítico* é a incapacidade do sistema (população ou ambiente) de retornar às condições prévias ao evento. A vulnerabilidade também pode ser entendida como a incapacidade existente de atendimento da população à demanda hídrica, a conservação do ambiente ou a proteção da população a um evento de inundação até um determinado risco.

A fonte da vulnerabilidade hídrica pode ocorrer devido a uma ou mais das condições seguintes:

- Vulnerabilidade econômica, social ou ambiental;
- Pressões do desenvolvimento econômico sobre o meio ambiente; e
- Incertezas associadas as séries hidrológicas devido a efeitos naturais e antrópicos.

##### 3.1.1 Vulnerabilidade econômica, social e ambiental

Uma sociedade ou ambiente é vulnerável quando a população possui poucos meios econômicos e está em condições sociais que não a permite se recuperar após eventos críticos. De 1992 a 2001, os países em desenvolvimento tiveram 20% dos desastres e 50% das mortes (WWAP, 2005). Os prejuízos foram de 66 bilhões de dólares por ano, entre 1994 a 2003 (ISDR, 2005). As perdas nos países menos desenvolvidas representaram 13,4% do PIB e nos países desenvolvidos, 4%. Cerca de 50% dos impactos de desastres naturais são devido a inundações em nível mundial.

As vulnerabilidades sociais e econômicas ocorrem em decorrência do desenvolvimento econômico, político e institucional das sociedades. Países desenvolvidos usualmente possuem fundos e instituições estáveis para atuar sobre eventos críticos ou desastre natural por meio da prevenção e previsão de eventos reduzindo a vulnerabilidade. A vulnerabilidade aumenta com a

pobreza, falta de fundos, políticas e instituições para atuar na prevenção, previsão e recuperação dos eventos críticos.

A sociedade está sempre em risco, a medida do risco e dos investimentos sociais e econômicos para reduzir o risco é sempre uma decisão baseada na percepção pública do risco e sua capacidade de investimentos. Os eventos físicos não são as principais causas do desastre, mas as fontes dos problemas são a ocupação da área de risco, aumento da demanda dos recursos hídricos e poluição da água.

As principais causas relacionadas com os aspectos econômicos e sociais são destacadas a seguir:

- **Pobreza:** relacionada à falta de sustentabilidade econômica da população dentro de condições normais, agravada pela ocupação de áreas de risco (inundação ou escorregamento), áreas invadidas que geralmente possuem menor valor econômico; falta de acesso a infraestrutura da população formal, como acesso a água, esgoto, drenagem e resíduos sólidos;
- **Instituições fracas:** falta de pessoal, recursos econômicos e financeiros e pessoal. Pessoal mal pago e com baixa qualificação aumenta a vulnerabilidade da ação no setor. Em função disto, não ocorrem ações de prevenção e previsão aos desastres;
- **Falta de política, programas e projetos de gestão de risco:** estas ações são essenciais para reduzir as vulnerabilidades e aumentar a resiliência da população aos eventos críticos. Além disso, falta integração de ações que mitiguem os impactos. É comum que população pobres receba menos proteção que os demais;
- **Falta de decisão para atuar de forma preventiva:** não existem ações preventivas, apenas ações após o evento ocorrido procura-se ajudar as pessoas impactadas, sem um programa preventivo para reduzir estes impactos;
- **Falta de recursos para investir em medidas:** os impactos de eventos críticos são altos e é um setor sem arrecadação, portanto depende da boa vontade dos orçamentos.

A maior parte da vulnerabilidade da população ocorre nas cidades devido à alta proporção da população urbana, como acontece em Minas Gerais (85,28% da população em Minas Gerais é urbana). A tabela 17 apresenta os principais problemas relacionados a vulnerabilidade da população urbana no Brasil e Minas Gerais no âmbito da gestão de recursos hídricos e dos impactos ambientais, disponibilidade hídrica e inundações.

A vulnerabilidade da população na área rural ocorre principalmente pela falta de água em anos secos, inundações de plantações nos anos úmidos,



erosão de áreas férteis e perda de espaço de cultivo, entre outros.

Tabela 17 - Impactos relacionados a águas urbanas e suas vulnerabilidades.

| <b>Aspecto</b>                                | <b>Alternativas</b>                                                         | <b>Principais problemas</b>                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fonte de água</b>                          | Superficial<br>Água subterrânea                                             | Contaminação das fontes de água devido à falta de tratamento de esgoto urbano, lixo e esgoto; contaminação difusa da agricultura.                                          |
| <b>Abastecimento de água</b>                  | Adução, tratamento de água e redes de distribuição de água                  | Perdas na rede de distribuição, tratamento de água com contaminação.                                                                                                       |
| <b>Esgoto sanitário</b>                       | Fossas, rede de esgoto e estações de tratamento                             | Falta de redes de coleta de sanitário e escoamento pela rede pluvial, falta de tratamento de esgoto;<br>Contaminação da água superficial e subterrânea                     |
| <b>Drenagem</b>                               | Rede de pluviais<br>Aumento da vazão devido a áreas impermeáveis e condutos | Contaminação de esgoto;<br>Inundação por falta de capacidade e aumento de vazão                                                                                            |
| <b>Drenagem urbana e Inundação Ribeirinha</b> | Medidas estruturais<br>Medidas não-estruturais                              | Na drenagem: aumento das áreas impermeáveis, condutos e canais produzem aumento do risco;<br>Nas inundações ribeirinhas: ocupação da área de risco, inundações frequentes. |

### 3.1.2 Pressão da sociedade no meio ambiente

Este é o cenário onde a água e meio ambiente estão sujeitos a impactos devido ao desenvolvimento da sociedade. Estas pressões sobre o sistema natural ocorrem pelo uso extensivo dos recursos naturais como a água, alterações no uso do solo, e lançamento de poluente nos sistemas hídricos, entre outros.

Estes processos são mais graves em países pobres e em desenvolvimento, onde a prioridade da sociedade é de melhoria das condições econômicas com baixo controle de seus impactos sobre o meio ambiente. Este tipo de prática tende a reduzir a sua capacidade de sustentabilidade, aumentando a vulnerabilidade do ambiente e da própria sociedade.

Na tabela 17, são apresentados estes aspectos relacionados com as águas urbanas, onde grande parte da sociedade está concentrada e tem

produzido ciclos de contaminação devido à falta de sustentabilidade no desenvolvimento.

### 3.1.3 Incertezas na variabilidade das séries hidrológicas

A precipitação e vazão de uma bacia são indicadores da disponibilidade hídrica e dos eventos críticos. As séries hidrológicas com distribuição temporal e espacial são as variáveis aleatórias (ver capítulo 4) e dependem de vários fatores naturais e antrópicos. As séries hidrológicas dependem do seguinte:

- *Variabilidade climática natural*: o clima nunca foi estável e tem produzido, em várias partes do globo, cenários de períodos críticos de seca e de inundações como mostra a história;
- *Mudança climática*: são alterações das séries hidrológicas devido ao efeito estufa, em decorrência da emissão de gases;
- *Alterações do uso do solo*: são alterações nas bacias hidrográficas que podem alterar a relação precipitação x vazão e, portanto, as séries hidrológicas;
- *Alterações dos rios com obras hidráulicas*: tendem a modificar as vazões.

No capítulo seguinte são analisados estes efeitos sobre as séries hidrológicas e os resultados observados nos dados de Minas Gerais.

Os principais desafios como consequência das incertezas das séries hidrológicas são:

- Como desenvolver uma sociedade dentro de metas desejáveis para a população dentro de padrões ambientais sustentáveis e
- Como as variações do clima podem afetar as metas de qualidade de vida e meio ambiente? E como tornar a sociedade mais resiliente e menos vulnerável a estas variações (segurança hídrica)?

As incertezas relacionadas com as variações climáticas e hidrológicas de longo prazo (interdecadais<sup>21</sup>) devido às variações naturais e ao efeito estufa podem gerar vulnerabilidades em diferentes setores econômicos, como:

- Uma sequência de vários anos com baixa precipitação pode afetar a agricultura brasileira, já que o plantio de sequeiro é predominante no Brasil (96%) e em Minas Gerais;
- A energia elétrica é produzida principalmente por hidrelétricas. Nos períodos críticos, quando a quantidade de água é baixa, são ligadas a

---

<sup>21</sup> Variações climáticas e hidrológicas interdecadais são variações ao longo de várias décadas que são aleatórias e sujeita aos efeitos de variabilidade climática natural e antrópica devido ao efeito estufa.

termelétricas (energia mais cara) para garantir a geração. Estas usinas dependem da água dos rios para geração de energia. Na última década, foram construídos principalmente reservatórios com pouco volume, reduzindo o fator de capacidade das usinas<sup>22</sup>. Desta forma, o sistema está cada vez mais dependente da energia térmica, quando ocorre um ano de vazões abaixo da média, gerando mais custos para a sociedade, sem considerar o efeito ambiental.

- De acordo com IPCC (2001), é provável que, devido ao aquecimento global, ocorram eventos extremos mais críticos no século 21, principalmente em países localizados mais próximo dos trópicos.

## **3.2 SEGURANÇA HÍDRICA**

### **3.2.1 Terminologia**

O termo segurança hídrica ("water security") pode levar a diferentes interpretações. Gestores de recursos hídricos, engenheiros e pesquisadores utilizam este termo com diferentes escopos. Cook e Bakker (2012) pesquisaram o uso deste termo na literatura internacional a partir 1990 (literatura em inglês). Os autores encontraram este termo associado a vários enfoques relacionados ao seguinte: política de recursos hídricos, agricultura, uso humano (consumo e saúde pública), uso industrial, energia, transporte, meio ambiente e desastres naturais. Portanto, quase todo o espectro de recursos hídricos. Observa-se que não existe um consenso quanto ao escopo de segurança hídrica.

### **3.2.2 Definição utilizada neste estudo**

A abrangência deste estudo de "segurança hídrica" está relacionada com eventos críticos, tendo como base a lei de recursos hídricos<sup>23</sup>. Um dos objetivos desta legislação, expresso no artigo 2º, é o seguinte:

*"III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. "*

A legislação não define "eventos críticos" ou cenários relacionados. Também não estabelece instrumento ou ação para atender este objetivo dentro da referida lei, da mesma forma que não existem regulações posteriores que definam este contexto. No conteúdo mínimo do Plano de Bacia Hidrográfica, este conteúdo não aparece, o que não significa que não deva ser abordado.

A legislação de recursos hídricos é um instrumento regulador do uso e controle dos impactos dos recursos hídricos nos níveis nacional, estadual e da

---

<sup>22</sup> Fator de capacidade é a relação entre a energia garantida e a energia instalada.

<sup>23</sup> Lei nº 9433, de janeiro de 1997.

bacia hidrográfica. A lei estabelece claramente dois mecanismos reguladores, que são:

- A outorga (gestão sobre a quantidade); e
- O enquadramento (gestão da qualidade da água).

No entanto, não existem instrumentos definidos de gestão para o controle dos eventos críticos (ou extremos).

Para atender os objetivos da legislação, este estudo considera que a gestão dos **eventos hidrológicos críticos naturais e antrópicos representa o objetivo da segurança hídrica**. Dentro deste contexto existem dois tipos de cenários:

- **O cenário de projeto**, onde é desenvolvido o controle de eventos críticos com um nível de risco de atendimento. Por exemplo, um vertedor ou um dique de proteção contra inundação para um risco de 100 anos. O projeto assumiu um risco de 1% de ocorrer uma vazão superior à de projeto num ano qualquer; e
- **Cenário de emergência**. Neste caso, o projeto deve estabelecer quais são as medidas preventivas e emergenciais para uma determinada área, quando o risco ocorrer. No exemplo anterior, quando ocorrer uma vazão superior à de projeto, quais são as medidas de “segurança hídrica “ que devem ser previstas?

Portanto, o primeiro trata de estabelecer gestão dentro de um risco de ocorrência dos eventos extremos e o cenário de emergência é o cenário em que o evento crítico está dentro do risco de projeto e, portanto, são necessárias medidas preventivas para aumentar a resiliência do projeto quanto:

- A infraestrutura;
- A População e seus bens;
- Ao Meio ambiente.

A definição geral utilizada neste estudo relacionada com eventos críticos é a seguinte:

*A **segurança hídrica** de um setor, projeto, cidade ou região envolve a preparação de medidas preventivas para reduzir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência, plano de emergência quando o evento ocorrer e plano de recuperação de danos, devido a condições climáticas críticas, que limitem a disponibilidade hídrica e as inundações, com riscos para a população, meios econômicos e meio ambiente.*

### 3.2.3 Estrutura da gestão e a segurança hídrica

Na figura 9, é apresentada uma estrutura para a gestão das vulnerabilidades da sociedade e o meio ambiente dentro da gestão de recursos hídricos. Dois grandes grupos foram definidos:

- **Vulnerabilidade existente:** vulnerabilidades existentes com relação a planos, programas e projetos setoriais ou integrados;
- **Vulnerabilidades a eventos críticos:** são ações relacionadas à prevenção e à emergência a eventos críticos relacionados com a disponibilidade hídrica para uso humano, as inundações e condições críticas ambientais. Neste contexto, estão as *gestões relacionadas à segurança hídrica, de acordo que a definição adotada neste estudo.*

Foram definidas as vulnerabilidades de projetos existentes relacionadas à gestão de recursos hídricos nos diferentes aspectos que relacionam recursos hídricos e setores da sociedade.

Dentro destas definições estão o diagnóstico e a estratégia para atuar na gestão dos riscos sobre eventos críticos principalmente para disponibilidade hídrica, inundações e qualidade da água.

Os conceitos de segurança hídrica são uma das aplicações de técnicas de gestão de risco associado a eventos críticos em recursos hídricos.

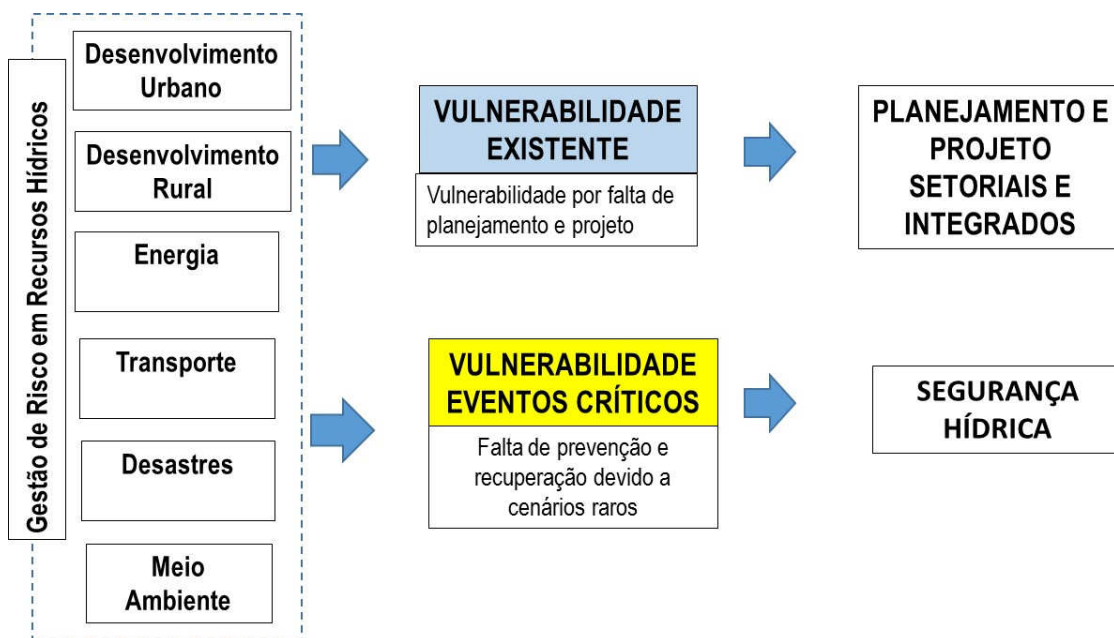


Figura 9: Estrutura da gestão de recursos hídricos e segurança hídrica.

### 3.3 MEDIDAS DE REDUÇÃO DOS IMPACTOS

As medidas para reduzir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência a eventos críticos podem ser estruturais ou não-estruturais. Estas ações representam ações de mitigação e adaptação<sup>24</sup>.

#### 3.3.1 Medidas Estruturais

As medidas estruturais são medidas que alteram o sistema natural para proteção e adaptação da população e o ambiente às condições críticas. Estas medidas estruturais podem ser obras como:

- *Reservatório* para regularização de vazão e controle de inundações;
- *Dique de proteção* contra inundações e sistemas de drenagem associados;
- *Proteção de encostas* contra escorregamentos e sustentabilidade do solo;
- *Reservatórios, Canais, condutos e outros sistemas de drenagem* que combinados podem reduzir as inundações e interconectar sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, entre outros;
- *Proteção e conservação de sistemas ambientais* em bacias e ambiente costeiro; e
- *Sistemas de tratamento de água e esgoto.*

Estas medidas envolvem custos altos com interferências e impactos sobre o sistema natural que devem ser mitigados. A política de controle de inundações nos Estados Unidos até a década de 60 era baseada em medidas estruturais de alto custo. Na década de 70, esta política foi alterada para dar ênfase a medidas não-estruturais para os sistemas onde não existe benefício x custo justificado e medidas estruturais quando existe justificativa econômica e contribuição dos beneficiados. Esta política mostrou resultados positivos de redução de perdas ao longo do tempo (Tucci, 2007).

#### 3.3.2 Medidas não-estruturais

As medidas não-estruturais envolvem a convivência com os impactos e o aumento da resiliência aos eventos para reduzir a vulnerabilidade às inundações.

As principais medidas não-estruturais são:

---

<sup>24</sup> Mitigação são as ações utilizadas para reduzir o risco do evento.

- *Previsão e alerta dos eventos* tanto de seca como de inundações, com uso de modelos climáticos e hidrológicos associados a monitoramento em tempo real;
- *Zoneamento das áreas de riscos* de inundação para evitar a ocupação pela população de áreas que podem ser inundadas, encostas que podem escorregar, áreas que podem contaminar os mananciais, entre outros. O zoneamento é implementado no Plano Diretor Urbano;
- *Medidas de Adaptação* em nível local que permite reduzir os impactos da população ao evento como regulação sobre construção em áreas de risco para reduzir impactos; seguro de inundações; medida de proteção individual; medidas a serem tomadas durante o evento para reduzir os impactos, etc.

### 3.4 GESTÃO DE RISCO

A gestão de risco utiliza os conceitos de prevenção, emergência e recuperação.

**A prevenção** envolve ações que são realizadas antes do evento para reduzir a vulnerabilidade, que podem ser: evitar a ocupação de áreas de risco, como zoneamento, seguro, construções resistentes aos impactos, etc. Também existem ações para reduzir o risco, como as medidas estruturais, quando existem recursos financeiros. Neste caso, as ações estruturais devem ter benefícios de redução dos impactos superiores aos custos das obras.

A **preparação** envolve a confecção de um plano de emergência para reduzir os prejuízos. Desenvolvimento de um sistema de previsão ou alerta de chuva e vazões (redução da vulnerabilidade). Também envolve a preparação de medidas específicas de resiliência.

**Previsão ou alerta com base em monitoramento:** operação de um sistema de monitoramento e alerta dos eventos.

**A intervenção ou emergência** são ações que são tomadas durante o evento de risco para reduzir seu impacto, como resgate, mitigação de danos em geral, coleta de dados;

**Recuperação:** medidas emergenciais, suprimento, transporte e financiamento de emergência. Ações preparadas e planejadas para recuperação logo após o evento.

**Análise do evento:** revisão do ocorrido, ações tomadas, vantagens e limitações.

**Reconstrução:** ações de recuperação permanente, visando reduzir a vulnerabilidade ao longo do tempo, e buscar trazer os meios econômicos e ambientais ao nível melhor ou igual ao que existia.

O fluxo temporal de ação destas etapas é apresentado na figura 10.

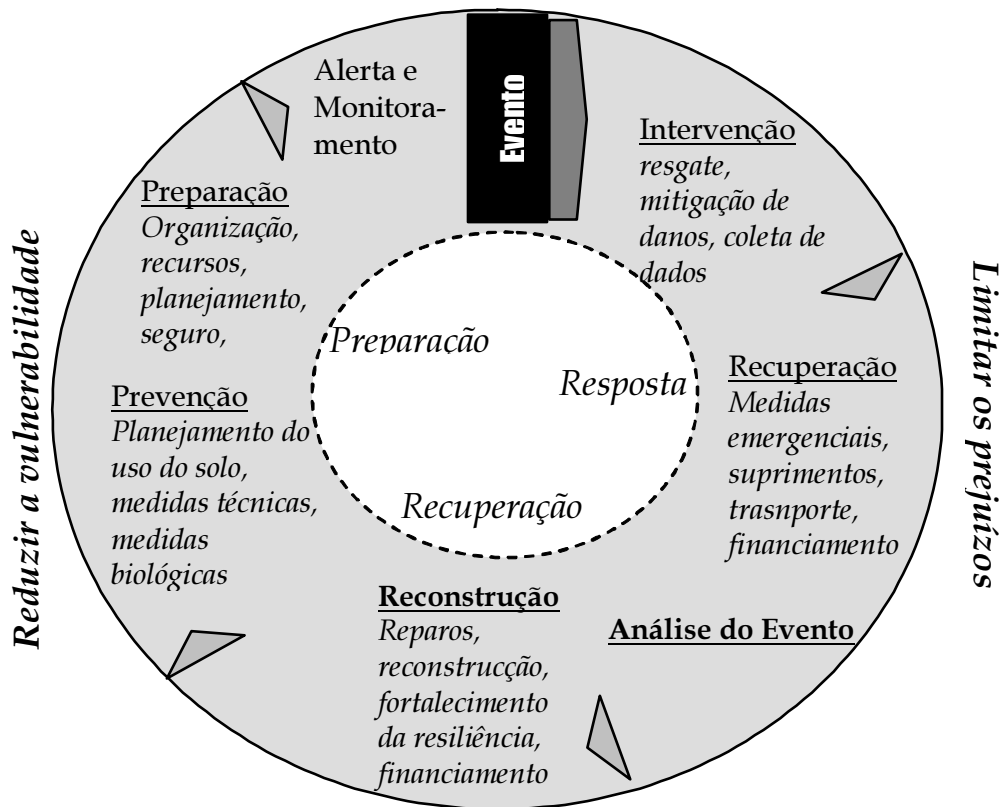


Figura 10: Fluxo horário das ações sobre o evento (WWAP, 2006).



## 4 SÉRIES HIDROLÓGICAS

Este capítulo analisa as características das séries hidrológicas que afetam a vulnerabilidade a eventos críticos hidrológicos.

No item seguinte, é apresentada a escala dos processos hidrológicos, que influencia a avaliação das séries. No anexo B, são destacados conceitos estatísticos sobre as séries hidrológicas e o efeito de elasticidade das séries, importante na interpretação da variação temporal das variáveis hidrológicas.

Os estudos hidrológicos de planejamento, projeto relacionado com a gestão de eventos críticos, utilizam as séries históricas para projetar a tendência futura do comportamento hidrológico. A base estatística destes estudos é a consideração de que as séries são estacionárias<sup>25</sup>. Este é um dos princípios utilizados nos planos e projetos em recursos hídricos.

Devido aos efeitos antrópicos, ocorre aumento nas incertezas nas séries hidrológicas (ver anexo B). As principais incertezas se referem a não-estacionalidade nas séries hidrológicas devido a um ou mais efeitos seguintes: variabilidade e mudança climática (tratado no segundo e terceiro item deste capítulo), alteração no uso do solo (tratado no quarto item deste capítulo); e obras hidráulicas nos rios, lagos ou costeiras.

No quinto item, é apresentada a avaliação do comportamento de séries amostrais no estado de Minas Gerais quanto à variação sazonal e interanual e comentários sobre as mesmas no último item do capítulo.

### 4.1 ESCALA DOS PROCESSOS HIDROLÓGICOS

As escalas dos processos hidrológicos são: temporal e espacial. Estas escalas permitem entender os efeitos nas bacias hidrográficas.

#### 4.1.1 Variabilidade temporal

Os diferentes processos que ocorrem no meio natural envolvem diferentes escalas temporais e espaciais. Estas duas escalas estão de alguma forma integradas. Na figura 11, pode-se observar os principais processos relacionados com o meio ambiente natural e antrópico e o tempo e espaço em que ocorrem.

A escala temporal depende da ação antrópica e das condições de variabilidade climática. Estes efeitos podem ser observados dentro de uma escala de percepção humana ou apenas com base em medidas de sua ocorrência. Enquanto que a maioria dos processos dinâmicos que a nossa

---

<sup>25</sup> Uma série é estacionária quando as suas estatísticas não se alteram com o tempo. A série é não-estacionária quando ocorrem alterações das estatísticas no tempo.

percepção tem capacidade de observar ocorre dentro da escala de tempo inferior a poucos anos, existem vários processos que atuam sobre as condições ambientais e desenvolvimento econômico que atuam dentro de uma escala de tempo maior.

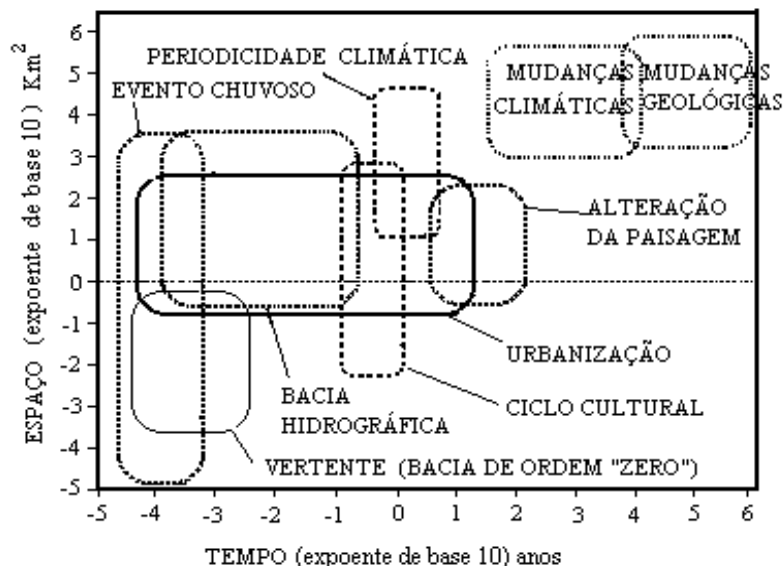


Figura 11 - Escala dos processos hidroclimáticos (Mediondo e Tucci, 1997).

**As variabilidades de curto prazo** ocorrem num evento chuvoso de minutos, horas ou poucos dias, que produz a inundação que afeta a população e os sistemas hídricos como reservatórios.

**A variabilidade sazonal** (dentro do ano) define o ciclo de ocorrência dos períodos úmidos e secos no qual a população e os usuários da água procuram conviver. Dentro deste âmbito está o ciclo de culturas agrícolas, alteração da paisagem e vegetação pela disponibilidade de umidade, entre outros. Geralmente o controle deste processo envolve volumes pequenos quando apenas a sazonalidade está em jogo.

**A variabilidade interanual de curto prazo** (poucos anos, 2-3 anos) pode ser a condição crítica de vários sistemas hídricos sujeitos a disponibilidade hídrica como o semiárido brasileiro. Geralmente este tipo de período ainda está dentro da capacidade de percepção da população.

**A variabilidade interdecadal** (dezenas de anos) que atua fortemente sobre as condições climáticas do globo e outros períodos mais longos. A importância deste cenário está relacionada com a capacidade que os sistemas hídricos têm para se alterar em função destas variabilidades e, em consequência, como a sociedade e seu desenvolvimento pode suportar estas variações. Este tempo geralmente está dentro da vida útil dos projetos em recursos hídricos. Quando ocorre falta de água, geram fortes restrições para o abastecimento, agricultura, produção de energia, entre outros. A adaptação

da sociedade a estes novos cenários exige resiliência para preservar sua sustentabilidade, ou, como no passado, o deslocamento para regiões onde as restrições não ocorrem. Em algumas regiões do semiárido brasileiro é surpreendente como podem ser encontradas pessoas habitando regiões com precipitação anual média da ordem de 250 mm e evapotranspiração potencial acima de 2000 mm. Esta ocupação provavelmente ocorreu num período úmido em que permitia o homem cultivar a terra, com a variabilidade climática de longo prazo foi reduzida sua sustentabilidade.

#### 4.1.2 Variabilidade espacial

A variabilidade espacial dos efeitos é um dos grandes desafios do conhecimento hidrológico atual. Neste processo é necessário entender as escalas caracterizadas na literatura (Becker, 1992) e descritas na Tabela 18.

Tabela 18 - Escalas dos processos hidrológicos (Becker, 1992).

| Escala             | Dimensão (Km <sup>2</sup> ) |
|--------------------|-----------------------------|
| Macro              | $> 10^4$                    |
| Transição $\alpha$ | $10^3$ e $10^4$             |
| Meso               | $10 - 10^3$                 |
| Transição $\gamma$ | $10^{-4} - 10$              |
| Micro              | $< 10^{-4}$                 |

Na microescala e sua transição ocorrem os processos de escoamento de vertente. Nesta escala praticamente não existem dados hidrológicos no Brasil e os processos geralmente estão dentro da percepção da população. A mesoescala representa a faixa de bacias onde iniciam os usos da água, como abastecimento de água e irrigação. Neste âmbito de dimensão de bacias ainda existe um reduzido número de informações hidrológicas, e quando existem não são confiáveis ou não medem adequadamente a ocorrência dos eventos. A outorga do uso da água para os referidos usos depende muito de dados e da extrapolação do comportamento para bacias deste tamanho.

A grande maioria das informações hidrológicas no Brasil encontra-se na faixa de transição entre meso e macro escala e a própria macro escala. Esta situação é decorrência do principal uso priorizado no passado que é o aproveitamento hidrelétrico. Estes aproveitamentos se viabilizam a partir destas escalas. O conhecimento atual do comportamento hidrológico geralmente está associado a esta dimensão de bacia.

Silva Jr. et al (2003) utilizaram dados de bacias entre 600 e 10.000 km<sup>2</sup>, na bacia do rio Uruguai e verificaram a sua regionalização para bacias menores e superiores as utilizadas. No caso de estimativas para bacias maiores, o erro foi inferior a 7%, mas bacias menores, principalmente abaixo de 10 km<sup>2</sup>, os erros nas vazões máximas e mínimas ( $Q_{95}$ ) foram da ordem de 70 a 100 %. Observa-se que existe uma transição de escala cerca de 10 km<sup>2</sup>, quando o efeito das vertentes é maior.

## 4.2 VARIABILIDADE CLIMÁTICA

### 4.2.1 Tendência

O clima apresenta variabilidade no espaço e no tempo: sazonal e interanual. A escala temporal pode variar de horas até milênios, e os estudos em recursos hídricos geralmente estudam o comportamento dos sistemas hídricos dentro da sazonalidade anual e para períodos de dados geralmente da ordem de 15 a 80 anos. O estudo do comportamento climático na escala decadal ou tempos maiores permite analisar a influência do comportamento climático sobre o sistema global e, em específico, os recursos hídricos.

Os processos interanuais e interdecadais se referem a tendências de variabilidade solar, efeitos do *El Niño – Southern Oscillation* (ENSO), mudanças na atmosfera, mudanças na variabilidade da extensão e volume da terra e gelo e a variabilidade da biosfera são estudos que permitem analisar a variabilidade do clima. A variabilidade solar pode contribuir para explicar as oscilações de temperatura de 9 a 10 anos, mas apenas este efeito não explica o comportamento da variabilidade.

O ENSO mostra a inter-relação entre o aquecimento da temperatura do leste do oceano Pacífico Sul e influencia o clima de grande parte do globo. El Niño foi utilizado por pescadores peruanos no século 19 para descrever o aquecimento da temperatura do mar na costa do Peru no período do Natal.

Atualmente o termo descreve a fase de aquecimento natural que decorre da oscilação da temperatura do mar na área tropical do Oceano Pacífico. A variação ou a oscilação da temperatura do mar está associada ao comportamento da atmosfera. O ENSO é o componente da atmosfera deste processo e indica a variação de pressão do ar entre Darwin, na Austrália e o Sul do Pacífico, na ilha de Tahiti. Quando a pressão está alta em Darwin, em Tahiti está baixa e vice-versa. El Niño e La Niña são as fases extremas da Oscilação do Sul (Southern Oscillation), sendo o El Niño a fase quente no leste do Pacífico e La Niña a fase fria.

Tucci (2002) mostra uma relação entre vazões do rio Paraguai, Uruguai e Paraná e o ENSO, principalmente no período 1970 a 2000, quando estes rios ficaram acima da média para a vazão média móvel de 10 anos, enquanto o ENSO esteve abaixo da média. Amostras de gelo, registros biológicos, registros geológicos, observações de superfícies do clima, variações do gelo e dos oceanos são elementos estudados para procurar separar os efeitos do aquecimento global e a variabilidade natural do clima.

Desde o início do século vinte, com o saneamento e a medicina moderna de prevenção, inovações e outras tecnologias, o crescimento demográfico se tornou acelerado no globo, principalmente depois da segunda guerra mundial, levando a pressão significativa sobre a demanda de recursos naturais e

tornando a população mais vulnerável aos desastres naturais (figura 12). As causas estão relacionadas com:

- *Aumento da população*: este crescimento é decorrência do aumento da população neste último século e ocupação de áreas de risco, mas principalmente na concentração da população em áreas urbanas criando uma sinergia de impacto;
- *Efeito do uso do solo e obras hidráulicas*: alterações no ambiente que pode aumentar os riscos de impactos;
- *Efeito da variabilidade e mudança climática*: efeito da variação das variáveis hidrológicas que afeta a população.

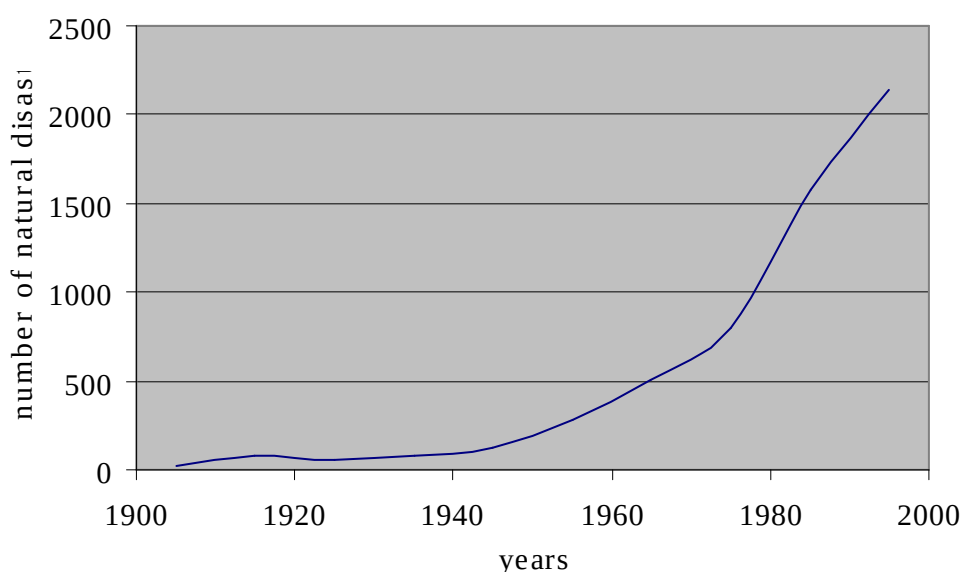


Figura 12: Aumento dos desastres naturais devido a causas hidrometeorológicas no século 20. (ISDR, 2005).

#### 4.2.2 Variabilidade hidrológica no Brasil

Tucci (2014) analisou o comportamento hidrológico de séries representativas no Brasil e obteve uma série de conclusões de tendências de longo prazo e sazonalidade:

- A sazonalidade indica que as precipitações ocorrem no verão ou um pouco defasado deste, em climas tropicais e subtropicais, e no inverno em clima temperado. No Brasil a maioria das regiões tem o ciclo hidrológico anual de outubro a maio, com variantes dentro deste quanto ao período mais chuvoso, enquanto que no Sul, principalmente Santa Catarina e Grande do Sul a sazonalidade é pequena devido à transição climática. Não foi examinado se a sazonalidade tem se alterado nos últimos anos. Mas em estudos anteriores (Tucci, 1991) foi

estimado pelos modelos climáticos que poderia ocorrer uma alteração na sazonalidade do Rio Uruguai com aumento de chuvas de verão e redução de chuvas de inverno devido ao aumento de temperatura. Isto pode ocorrer, mas em anos mais quentes e aleatórios na série;

- Observa-se que na Amazônia, Caatinga e Cerrado, que representam Norte, Nordeste e Centro Oeste, existe um período prolongado de médias móveis de vazões anuais abaixo da média, se comparado com o período anterior, principalmente a década de 80, que foi chuvosa. Como este período é de 20 anos, representa um significativo impacto na região, com redução importante de vazões no Nordeste;
- No Sul e Sudeste do Brasil, observa-se no período recente um aumento de vazão depois de 1970-1975 até cerca de 2005, com cerca de 30 a 35 anos. Este aumento proporcionou aumento significativo na geração de energia e da disponibilidade hídrica de forma geral e aumento de inundações.

Esta tendência de longo prazo observada nas regiões brasileiras tem um componente de variabilidade climática que provavelmente é de origem natural, sobreposta de efeitos de uso do solo, como na bacia do rio Paraná, na incremental de Itaipu e de mudança climática em menor grau e de difícil comprovação já que estes efeitos ocorrem de forma superposta nos dados hidrológicos.

A variabilidade interdecadal observada é fundamental para sustentabilidade dos projetos em recursos hídricos e para o melhor entendimento dos riscos associados. Exemplo desta situação é o período do início da década de 50, onde ocorreu o maior período seco do rio Paraná. Este período é utilizado para o dimensionamento da energia dos aproveitamentos hidrelétricos. As vazões deste período provavelmente não existem mais devido ao efeito do uso do solo e provavelmente a energia calculada não é confiável.

Na tabela 19, foi apresentado o destaque para as secas do Rio Grande do Sul, que na década de 40 fizeram o movimento de população rural para os Estados vizinhos e Centro-Oeste. A repetição de um período deste pode criar condições vulneráveis ao Estado que tem sua infraestrutura projetada para dados que não cobrem este período e deve estar subdimensionada, como está acontecendo na atualidade com a Região Metropolitana de São Paulo.

Estes exemplos mostram a necessidade de aumentar o conhecimento sobre as tendências interdecadais e a identificação dos efeitos combinados que tornam as séries não-estacionárias e principalmente introduzir a avaliação destas alterações estatísticas no planejamento e gestão de setores econômicos, como energia e agricultura, que são fortemente dependentes do clima.

Os efeitos da tendência sobre eventos críticos como disponibilidade hídrica e inundações são importantes para entender a sustentabilidade da população em determinadas regiões.

Tabela 19 - Resumo das características observadas<sup>1</sup>

| <b>Bioma</b>   | <b>Sazonalidade (Precipitação)</b>                                              | <b>Interanual<sup>3</sup></b>                                                                                  | <b>Observação</b>                                                                                       |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Amazônia       | Úmido: janeiro a maio <sup>2</sup> (Sul); março a julho (Norte)                 | Seco: 1928 – 1950; 1991 - 2010<br>Úmido: 1950 – 1977;<br>(*) problemas na série de referência de vazão         | Comportamento complementar e diferenciado entre o Norte e Sul da Amazônia                               |
| Caatinga       | Úmido: dezembro a maio e outubro a abril (Sul)                                  | Seco: 1928 -1960 e 1991-2008<br>Úmido: 2960 - 1990                                                             | No Sul da região o comportamento tem algumas alterações.                                                |
| Cerrado        | Úmido: novembro a abril                                                         | Perto da média de 1940 a 1983; Seco 1991-2008 Para Precipitação;<br>Seco: 1953 – 1977 e 1988 a 2008 para Vazão | Existem tendências diferentes para Precipitação e vazão que podem ser por amostragem ou outros efeitos. |
| Mata Atlântica | Úmido: novembro a março (Sul) e março a julho (Nordeste)                        | Seco: 1900-1925 e 1940 a 1946<br>Úmido: 1950 a 2008<br>Somente Sul                                             | Grande diferença de comportamento em função da latitude. Este Bioma deveria ser desmembrado.            |
| Pampa          | Sazonalidade baixa na chuva e predominância de junho a outubro no período úmido | Seco: 1942-1951<br>Úmido: 1969 – 2008                                                                          | Clima de transição entre subtropical e temperado com baixa sazonalidade.                                |
| Pantanal       | Úmido: novembro a março com sazonalidade bem definida                           | Seca de 1960 a 1975<br>Úmido de 1975 a 2008                                                                    | Período seco marcante na década 60.                                                                     |

1. Podem existir dentro dos biomas variações diferentes que não foram cobertas pela amostragem do estudo

2. Período úmido anomalia > 1

3. Os períodos são aproximados e baseados na média móvel de 5 anos.

## 4.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

### 4.3.1 Conceitos

No século passado, foi identificada a pressão sobre a sociedade e as condições naturais da Terra, que é o aumento do efeito estufa (tabela 20), resultando em alteração climática de forma diferenciada em diferentes regiões do planeta e aumento da temperatura média do globo. Este é o efeito do impacto da população sobre o clima, entendido como mudança climática.

Tabela 20 - Efeito Estufa e seus impactos.

A radiação solar de onda curta penetra a atmosfera, aquecendo a superfície da terra. Parte desta radiação é absorvida e parte é refletida de volta para a atmosfera (albedo). A parcela absorvida produz aquecimento na superfície que emite radiação de onda longa (radiação térmica) que pode ser absorvida pelos gases encontrados na atmosfera, como o vapor d'água e o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). A absorção desta radiação de onda longa aquece a atmosfera, aumentando a temperatura da superfície. Este é o denominado *efeito estufa*.

O efeito estufa é um processo natural comprovado, existente no globo e produzido principalmente pelo vapor de água, além de outros gases. Se não houvesse este efeito na atmosfera da Terra, a temperatura da superfície resultante do balanço de energia seria  $33^\circ\text{C}$  mais fria.

A *potencial* modificação climática estimada é resultante do aquecimento adicional da atmosfera devido ao aumento de gases na atmosfera produzido pelas atividades humana e animal na Terra.

Os principais gases que contribuem para este processo são: o dióxido de carbono  $\text{CO}_2$ , metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido de nitrogênio e CFC (clorofluor-carbono). O  $\text{CO}_2$  é produzido pela queima de combustíveis fósseis e produção de biomassa. Existem registros que indicam aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  de 315 ppm para 342 na atmosfera entre 1958 e 1983.

Ao longo das últimas décadas foram sendo colhidas evidências do aumento da temperatura e sua relação com o aumento das taxas de emissões e das concentrações de gases na atmosfera. Os estudos apresentados pelo IPCC de previsão e avaliação de cenários climáticos: AR3 em 2001; AR4 em 2007; AR5 em 2013, se basearam em evidências observadas e no uso dos chamados Modelos Globais Climáticos (GCM). Existem vários GCMs que apresentam incertezas devido as suas condições iniciais e devido à própria estrutura destes modelos. Desta forma, para buscar tendências médias e considerar as incertezas, são utilizadas várias condições iniciais e vários modelos



nos estudos<sup>26</sup>. Os resultados obtidos devem ser considerados como relativos entre si, mostrando tendências de alterações.

### 4.3.2 Cenários e prognóstico global

O IPCC, no desenvolvimento dos cenários de mudanças climáticas, considerou que devido a tendência do desenvolvimento econômico, as emissões ainda vão crescer, e alguns cenários foram selecionados para prever as condições do clima no futuro, no final do século (2100). Na Tabela 21, são apresentados os principais cenários usados pelo IPCC, desde 2000.

A figura 13 mostra a tendência de emissões de gás de alguns cenários, tendo em conta que não seriam desenvolvidas medidas para reduzir aumento das emissões de gás. As emissões de CO<sub>2</sub> do uso de energia, entre 2000 e 2030 são projetadas para crescer de 40 a 110%.

A tabela 22 mostra os valores de previsão do aumento da temperatura e do nível do mar no final século atual para os cenários. Pode ser visto que o pior cenário é A1F1 e o melhor cenário é B1, onde ocorre um aumento 1.8° C e aumento do nível do mar entre 0,18 e 0,38 m. A figura 13 ilustra estes cenários.

Em condições regionais, o aquecimento deverá ser maior sobre a terra e nas altas latitudes do Hemisfério Norte e sobre a Antártida, com base em tendências recentes.

Tabela 21 - Cenários do IPCC (SRES, 2000).

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A1 – pressupõe um mundo de muito rápido crescimento económico, uma população global que picos em meados do século atual e a rápida introdução de tecnologias novas e mais eficientes. A1 é dividido em três grupos que descrevem direções alternativas da mudança tecnológica: fósseis intensivo (A1F1), recursos de energia não-fósseis (A1T) e um equilíbrio através de fontes (A1B). |
| B1 – descreve um mundo convergente, com a mesma população global como A1, mas com mais rápidas mudanças nas estruturas económicas em direção a uma economia de serviço e informações.                                                                                                                                                                                                   |
| B2 – descreve um mundo com população intermediária e crescimento económico, enfatizando soluções locais para aspectos social e sustentabilidade do meio ambiente;                                                                                                                                                                                                                       |
| A2 – descreve um mundo muito heterogêneo com crescimento da população alta, mudanças de tecnologia e económico lento.                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Na figura 13 são apresentados tendências de aumento de temperatura de acordo com estes cenários.                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

<sup>26</sup> Os modelos possuem “ensembles”, que são simulações com diferentes condições iniciais para cada modelo e existem vários modelos utilizados. Os modelos apresentam diferenças nas equações e na malha de discretização no espaço.

É muito provável que eventos extremos com forte precipitação sejam mais frequentes, este é um cenário crítico para as cidades. Isso poderia piorar devido ao efeito de aquecimento da urbanização. Em algumas regiões como a América do Sul, a temperatura tinha mostrado um aumento desde 1970 com mais tempestades. As previsões do modelo mostram menos tempestades do que a realidade tem demonstrado (IPCC, 2007).

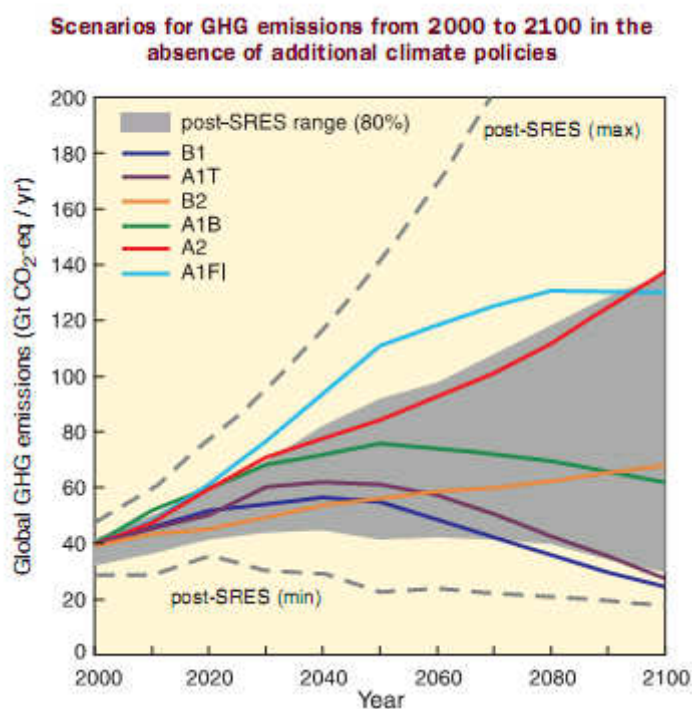


Figura 13: Cenários de emissões de GEE na ausência de políticas climáticas adicionais: seis cenários ilustrativos e faixa de percentil 80<sup>th</sup> de cenários recentes (IPCC, 2007).

Tabela 22 - Mudança de temperatura e do nível do mar no final do século 21. Adaptado de (IPCC, 2007).

| Cenários | Aumento da Temperatura em 2090 - 2099 em relação a melhor estimativa °C | Aumento da temperatura com relação a 1980-1999 °C Intervalo | Subida do nível do mar para as mesmas condições de temperatura (m) Intervalo |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| B1       | 1,8                                                                     | 1,1-2,9                                                     | 0,18-0,38                                                                    |
| A1T      | 2,4                                                                     | 1,4-3,8                                                     | 0,20-0,45                                                                    |
| B2       | 2,4                                                                     | 1,4-3,8                                                     | 0,20-0,43                                                                    |
| A1B      | 2,8                                                                     | 1,7-4,4                                                     | 0,21-0,48                                                                    |
| A2       | 3,4                                                                     | 2,0-5,4                                                     | 0,23-0,51                                                                    |
| A1F1     | 4,0                                                                     | 2,4-6,4                                                     | 0,26-0,59                                                                    |

O efeito principal das mudanças climáticas sobre o globo é o aumento da temperatura, no entanto, as mudanças das variáveis climáticas em diferentes partes do globo não obedecem a uma mesma tendência. O relatório do IPCC (Bates et al., 2008) fornece uma visão geral dos impactos projetados sobre os recursos hídricos de diferentes regiões do globo. Estas projeções para mudanças climáticas baseiam-se exclusivamente nos GCMs. A figura 14 apresenta resultados médios de quinze GCMs comparando as alterações das médias anuais de quatro variáveis hidrometeorológicas (precipitação, umidade do solo, escoamento e evaporação) para o período de 2080-2099, relativo a 1980-1999 para o cenário SRES A1B.

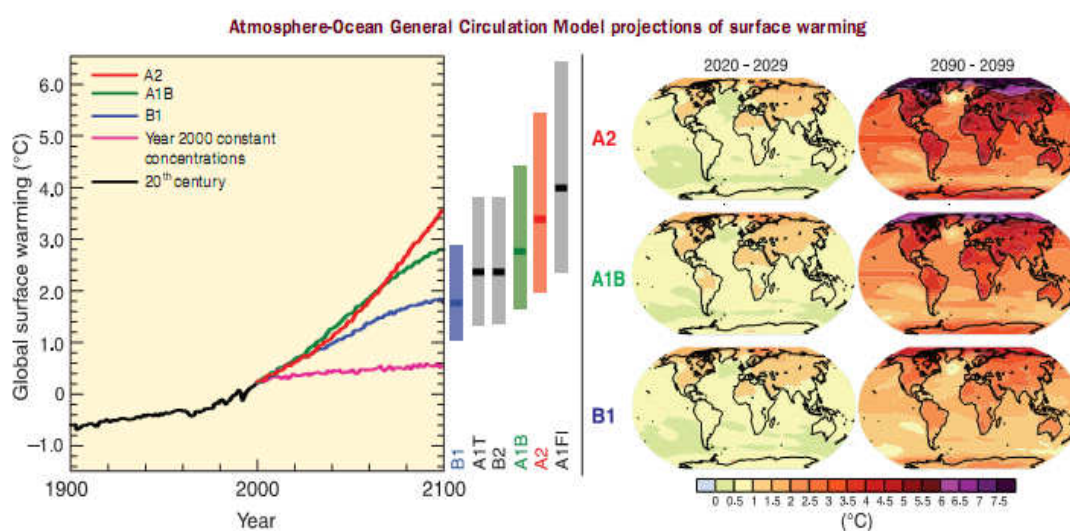


Figura 14 - Aumento da temperatura baseado nos cenários (IPCC, 2007.)

Espera-se que aumente o número de dias úmidos em partes do sudeste da América do Sul e na Amazônia Central. Por outro lado, espera-se a diminuição significativa de precipitação na costa do nordeste do Brasil. Há projeção de estações de extrema seca mais frequentes na América Central, em todas as estações. Espera-se que as geleiras mantenham a tendência de encolhimento observada.

A figura 15 apresenta uma síntese dos resultados de Arnell e Gosling (2013), que utilizaram uma versão do modelo hidrológico PDM, e as projeções de clima de 21 modelos climáticos, cujos resultados foram utilizados na elaboração do Quarto relatório do IPCC.

Observa-se na figura 16, que toda a região centro e sul da Amazônia está marcada na cor vermelha, que indica que mais de 66% dos modelos climáticos preveem redução do escoamento. A região sudeste do Brasil está marcada na cor laranja, que indica que não há concordância entre os modelos climáticos quanto ao sinal da modificação do escoamento. Já uma parte da região Sul do Brasil está marcada com a cor azul, indicando que há uma projeção da maior parte dos modelos de que o escoamento vai aumentar nesta região.

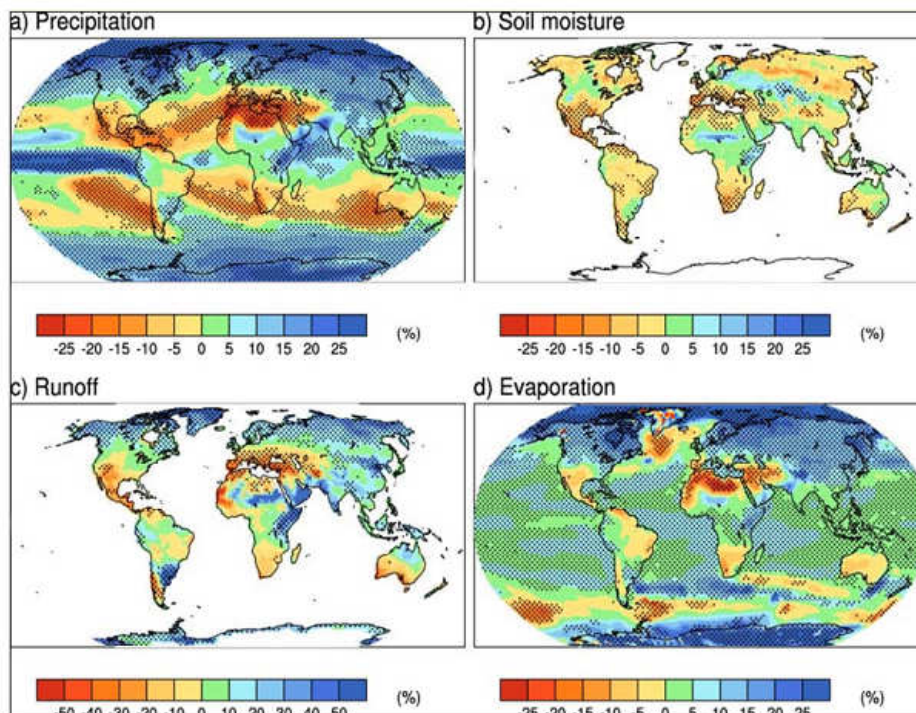


Figura 15: Média de quinze modelos (a) precipitação (%); (b) umidade do solo (%); (c) escoamento (%) e (d) evapotranspiração (%). As mudanças são médias anuais: cenário A1B, período 2080–2099 relativas a 1980–1999 (Bates et al., 2008).

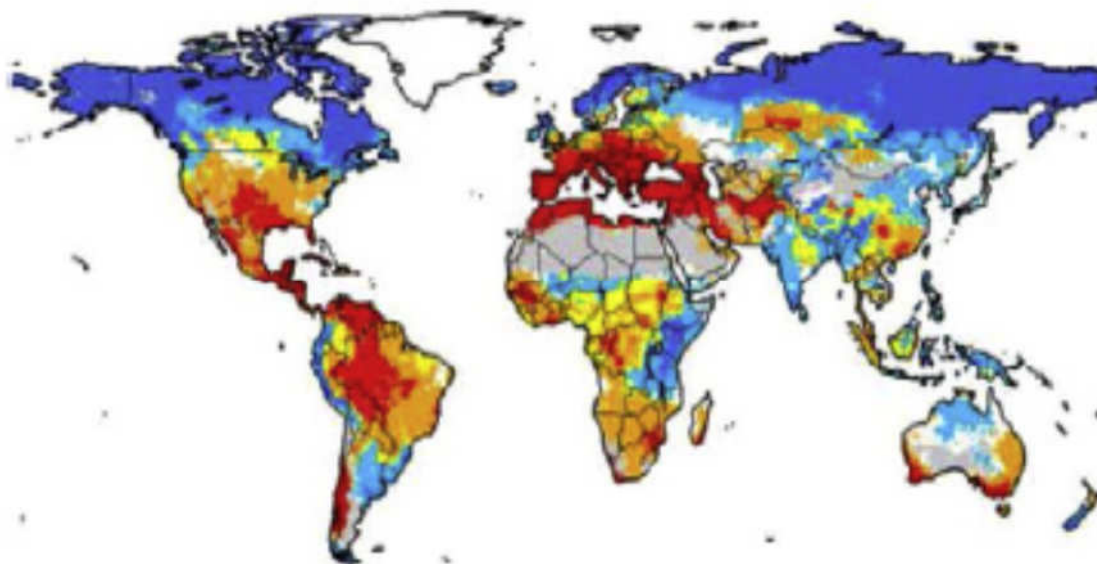


Figura 16: Estatísticas das projeções de escoamento médio anual de 21 modelos climáticos (vermelho indica as regiões em que mais de 66% dos 21 modelos climáticos o escoamento irá diminuir em 2050, e azul indica regiões onde 66% dos modelos estimam que escoamento irá aumentar em 2050 - Arnell e Gosling, 2013).

Portanto, com base nos estudos de impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos em escala global, as projeções indicam que o Brasil deve ter efeitos diferentes de acordo com a região. Há um maior número de modelos climáticos sugerindo um aumento de escoamento na região Sul, e um maior número de modelos climáticos sugerindo uma redução do escoamento na Amazônia. Entretanto, a redução do escoamento na Amazônia está localizada mais a Oeste no estudo mais recente, de Arnell e Gosling (2013), e está localizada mais a leste, próximo ao litoral, no relatório de Bates et al. (2008).

Em áreas fundamentais para a geração de hidroeletricidade no Brasil, como a região Sudeste do Brasil e as bacias dos rios Tocantins e São Francisco, não existe concordância entre os modelos climáticos sobre qual será a modificação do escoamento: se positiva ou negativa.

### **4.3.3 Agenda Internacional**

A preocupação com as mudanças climáticas começou na década de 80 com o questionamento sobre o desmatamento das florestas, redução da camada de ozônio e o efeito estufa. O acidente de Chernobyl, na metade da década, foi um grande divisor deste processo, quando se observou que ações em qualquer parte da Terra poderiam afetar as pessoas em qualquer região, mostrando que as manifestações de cientistas não eram uma mera ficção.

Em 1990, a Assembleia Geral das Nações Unidas criou o Comitê Intergovernamental de Negociação para uma Convenção sobre Mudança do Clima (INC). O INC preparou um texto chamado de *Convenção sobre Mudança Climática*. Este documento foi assinado em maio de 1992 nas Nações Unidas e aberto para assinaturas dos países em junho de 1992 na Cúpula sobre Meio Ambiente, no Rio de Janeiro. Esta convenção foi ratificada ou aderida assinada por 175 países até 1999, comprometendo-se com seus termos (Nações Unidas, 1999). A Convenção estabeleceu que os países desenvolvidos devessem reduzir suas emissões de gases do efeito Estufa (GEE) para o ano 2000 em níveis anteriores a 1990.

A Conferência das Partes (COP), órgão supremo da Convenção, reuniu-se inicialmente no ano 1995 em Berlim e concluiu que os compromissos eram inadequados e elaborou o chamado Mandato de Berlim, que abriu a discussão por dois anos para definição dos compromissos para a primeira década do novo milênio. Esta fase concluiu com a terceira Conferência das Partes, em Quioto, no Japão, em 1997, onde foram definidos que os países desenvolvidos deveriam reduzir em pelo menos 5% (com relação aos níveis de 1990) a emissão dos gases do efeito estufa até o período de 2008 a 2012. Em 1995, foi produzido o primeiro relatório do IPCC sobre o assunto. Os gases do efeito estufa, como já mencionado nos itens anteriores, foram considerados no protocolo de Quioto como sendo: dióxido de Carbono, metano, óxido nitroso, hexafluoreto de enxofre e as famílias perfluorcarbonos. A redução da emissão envolve na

realidade a variação líquida de emissões, que é resultado da diferença entre a emissão e a absorção ou remoções, como a absorção de CO<sub>2</sub> pelas plantas na fotossíntese.

Os compromissos assumidos na época pelos países europeus foram de reduzir em 8% os níveis de 90, os Estados Unidos mencionavam 7%, Japão, Canadá, Polônia e Croácia em 6%. Outros países acordaram em manter os níveis de 90, como a Rússia e Ucrânia. O acordo de Quioto entraria em vigor 90 dias após a sua ratificação por pelo menos 55 países, incluindo países desenvolvidos responsáveis por 55% do total das emissões. Como Estados Unidos e Rússia, juntos, produziam 51,7% das emissões, praticamente condicionam a ratificação do protocolo de Quioto.

Em 1997, o Senado americano definiu que o país não deveria ratificar o protocolo se os países em desenvolvimento como Brasil, China, México e Índia (que ficaram fora dos compromissos), não tivessem o mesmo nível de compromisso para o mesmo período.

Ao longo dos últimos anos a agenda internacional tem se estabelecido de um lado por meio do IPCC na busca de definição científica dos efeitos regionais por meio de vários relatórios a cada 6 anos (3º relatório em 2001, 4º relatório em 2007, 5º relatório 2013) que atualizam o conhecimento adquirido sobre os efeitos e tendência e a busca de acordos internacionais para impulsionar a adoção de mecanismos sustentáveis e redução de emissões. Este processo avançou mais em alguns países (europeus) do que em outros como países em desenvolvimento. Com a crise econômica de 2008, houve um freio em alguns países mais afetados pela crise quanto a medidas de redução de emissões. A tendência mostra que os países estão desenvolvendo planos para atuar sobre as emissões e sobre suas consequências, dentro de uma visão de resiliência aos impactos. No meio privado, se observa um mercado ainda limitado incentivado por certificação ambiental com redução ou compensação da emissão de gases em práticas correntes da sociedade.

#### **4.3.4 Mecanismos**

Em face das dificuldades de implementação dos protocolos internacionais e o impacto econômico que estas medidas podem produzir nos países, foram discutidos em várias conferências depois de Quioto três mecanismos para atuar no processo de redução das emissões:

- Implementação conjunta de projetos;
- Comércio de emissões;
- Mecanismos de desenvolvimento limpo (CDM ou MDL).

Os dois primeiros tendem a ser implementados principalmente nos países desenvolvidos onde existem as restrições ao crescimento das emissões. A implementação de projetos conjuntos (Joint Implementation) é a transferência

e aquisição de unidades de redução de emissões resultante de projeto de mitigação de mudanças climáticas. O Comércio de Emissões (Emissions trading) objetiva o comércio de emissões com o objetivo de mitigação das mudanças climáticas. O terceiro, que partiu de ideia brasileira, visa promover o desenvolvimento sustentável em países fora da classificação adotada (que possuem compromissos de redução de emissão). O desenvolvimento de projetos MDL em países em desenvolvimento tem gerado uma certificação de emissão reduzida (CER) que pode ser negociada com os países desenvolvidos. Este processo tem variado de acordo com a tendência econômica internacional e local de cada país.

#### **4.3.5 Programa Nacional de Adaptação**

O desenvolvimento de uma Política de Adaptação às Mudanças Climáticas é um processo incentivado pelas entidades internacionais. Os Programas Nacionais de Ação de Adaptação (NAPAs) fornecem um processo para identificar as atividades prioritárias que respondem às suas necessidades urgentes e imediatas relacionadas à adaptação às mudanças do clima. Para abordar as necessidades urgentes de adaptação desses países, uma nova política foi necessária, concentrando-se em melhorar a capacidade de adaptação à variabilidade climática que, em si, ajudaria a lidar com os efeitos adversos das mudanças do clima.

As etapas para a preparação das NAPAs incluem o seguinte:

- Síntese da informação disponível;
- Avaliação participativa da vulnerabilidade à variabilidade climática atual e eventos extremos e de áreas onde os riscos aumentariam devido às mudanças do clima;
- Identificação de medidas-chave de adaptação, além de critérios para priorizar atividades; e
- Seleção de uma lista pequena de atividades prioritárias (ver Capítulo 5 para índices de incertezas e vulnerabilidade).

Em 2007, o Brasil instituiu o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima - CIM e o seu Grupo Executivo GEx, com a finalidade de orientar e elaborar o Plano Nacional sobre Mudança do Clima, além de propor os objetivos, princípios e diretrizes da Política Nacional sobre Mudança do Clima. Em 2009, foi instituída a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).

O Plano Nacional sobre Mudança do Clima incentiva o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, bem como criar condições internas para lidar com os impactos das mudanças climáticas globais (adaptação). O Plano Nacional de Adaptação surgiu durante o processo de revisão do Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) com a agenda de adaptação que:



- Identificasse as principais lacunas existentes;
- Mapeasse as vulnerabilidades;
- Integrasse as ações existentes; e
- Adotasse escalas de tempo e espaço apropriadas na identificação dos impactos e das vulnerabilidades, e na implementação de ações.

O Grupo de Trabalho sobre Adaptação (GT-Adaptação) foi criado em 2012 para desenvolver subsídios técnicos para a elaboração de um Plano Nacional de Adaptação, no qual a ANA é integrante. O referido plano está sendo construído a partir de setores e temas descentralizados, assim definidos: (a) **Água**; (b) Saúde; (c) Cidades; (d) Biodiversidade; (e) Zonas Costeiras; (f) Segurança Alimentar e Agropecuária; (g) Indústria; (h) Transportes e Logística; (i) Energia e (j) Desastres Naturais.

No componente Água tem a participação das seguintes instituições que formam a Rede Água: Agência Nacional de Águas – ANA; Ministério do Meio Ambiente – MMA, por meio da Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental – SMCQ e da Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano – SRHU; Ministérios de Minas e Energia – MME; Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI; Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE/PR); Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME.

A Rede Água realizou um seminário no qual foram identificadas propostas de objetivo, missão e estrutura do Plano no que se refere à adaptação aos efeitos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos, bem como atores que podem contribuir para sua construção. O Plano foi desenvolvido em cinco eixos: Diretrizes para a elaboração de cenários; Geração de conhecimento; Instrumentos de gestão de recursos hídricos; Governança; e Interação com setores usuários.

A avaliação do efeito das mudanças climáticas sobre o território brasileiro tem sido obtida com base nos modelos climáticos. Os principais aspectos ressaltados pelos modelos são a redução de umidade no Norte da Amazônia, que pode limitar a floresta e transformar a cobertura do solo; pequeno aumento de escoamento e precipitação no Sul e Sudeste do Brasil, que seria benéfico para os usos dos recursos hídricos, descontando o cenário da inundação. Observa-se também redução de vazão no Centro-Oeste, Nordeste e parte do Norte do Brasil.

## 4.4 USO DO SOLO

A ação do homem sobre o uso do solo pode produzir alterações substanciais nos processos hidrológicos terrestres. Os principais efeitos hidrológicos são a redução ou aumento da vazão média, máxima e mínima de uma bacia hidrográfica e; alteração da qualidade da água. Da mesma forma



o reflorestamento deve ter efeito contrário de redução da vazão média de uma bacia.

As principais conclusões são (Tucci, 2002):

- O desmatamento para culturas anuais aumenta o escoamento médio de uma bacia pela redução da evapotranspiração. O impacto que isto tem sobre a vegetação e os sistemas hídricos dependem dos efeitos de escalas nas bacias de maior porte. Este efeito foi comprovado em regiões ou bacias em que o balanço hídrico afetou pouco a circulação da atmosfera. Resultados de pesquisa na área de meteorologia mostram que quando ocorre um desmatamento numa área onde a umidade do solo tem forte efeito nos processos atmosféricos, como a Amazônia, pode ocorrer a redução da precipitação e, em último estágio da vazão;
- A maioria do conhecimento hidrológico tem sido monitorada em pequenas bacias, mas resultados sobre grandes bacias como do rio Paraná e Paraguai, mostram efeitos semelhantes. Na figura 17, pode-se observar a variação da relação entre precipitação e vazão na incremental de Itaipu após a década 70 em função da alteração do uso do solo na bacia depois da década 70;

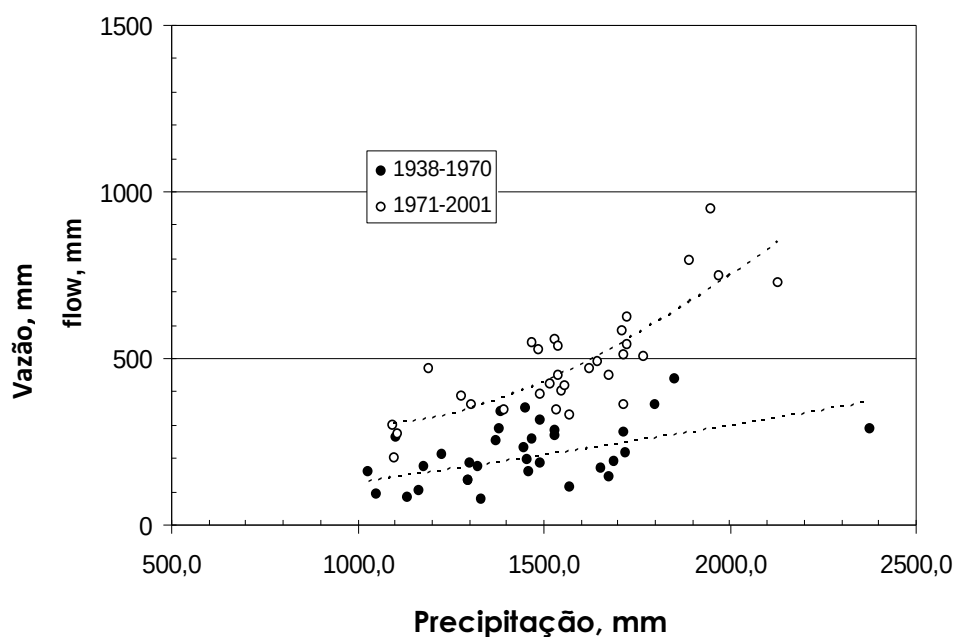


Figura 17: Relação entre precipitação anual e vazão anual para a bacia incremental de Itaipu para os períodos observados antes e depois de desmatamento e alteração do uso do solo na bacia. (Tucci, 2007).

- O impacto do desenvolvimento urbano pelo desmatamento e ocupação com áreas impermeáveis e com condutos, aceleram o escoamento e aumentam de forma significativa as inundações nas bacias urbanas. O aumento do escoamento devido ao efeito da

urbanização aumenta a vazão média de enchente em sete vezes, tornando os rios insustentáveis, com inundações frequentes, além de outros efeitos como aumento da produção de sedimentos e erosão dos leitos e da deterioração da qualidade da água.

Este processo vem sendo observado em diferentes cidades brasileiras com efeito econômico e social marcante (Tucci, 2007).

- O reflorestamento de pequenas e médias bacias tende a diminuir o escoamento médio e máximo, mas como benefício reduz a erosão e aumenta a regularização natural do escoamento entre períodos secos e úmidos. O uso de reflorestamento deve ter o cuidado de verificar todos os impactos sobre a bacia hidrográfica.

## **4.5 RISCOS HIDROLÓGICOS EM MINAS GERAIS**

Para analisar as principais tendências hidrológicas das séries hidrológicas em Minas Gerais utilizou-se o seguinte critério:

- Identificação de alguns postos pluviométricos e fluviométricos nas macrobacias hidrográficas de Minas Gerais (ver item 2.3.3);
- Seleção dos postos com séries longas para permitir a análise de tendência hidrológica destes postos (ver item 2.3.3).

Nos itens seguintes são identificados espacialmente os postos e suas características principais. No segundo item é realizada a avaliação sazonal das séries nas bacias. No terceiro item é analisada a tendência de longo prazo das séries hidrológicas. Os comentários são apresentados no último item.

Em síntese, as análises buscam interpretar os eventos críticos com base na identificação do seguinte: sazonalidade, tendências interanuais de longo prazo (interdecadais), períodos de secas, inundações. Esta análise deve ser entendida como preliminar porque foi realizada com uma amostragem dos postos com série longa e pode apresentar algumas distorções em subbacias onde os dados não foram utilizados ou não possuíam série longa.

### **4.5.1 Bacias e dados**

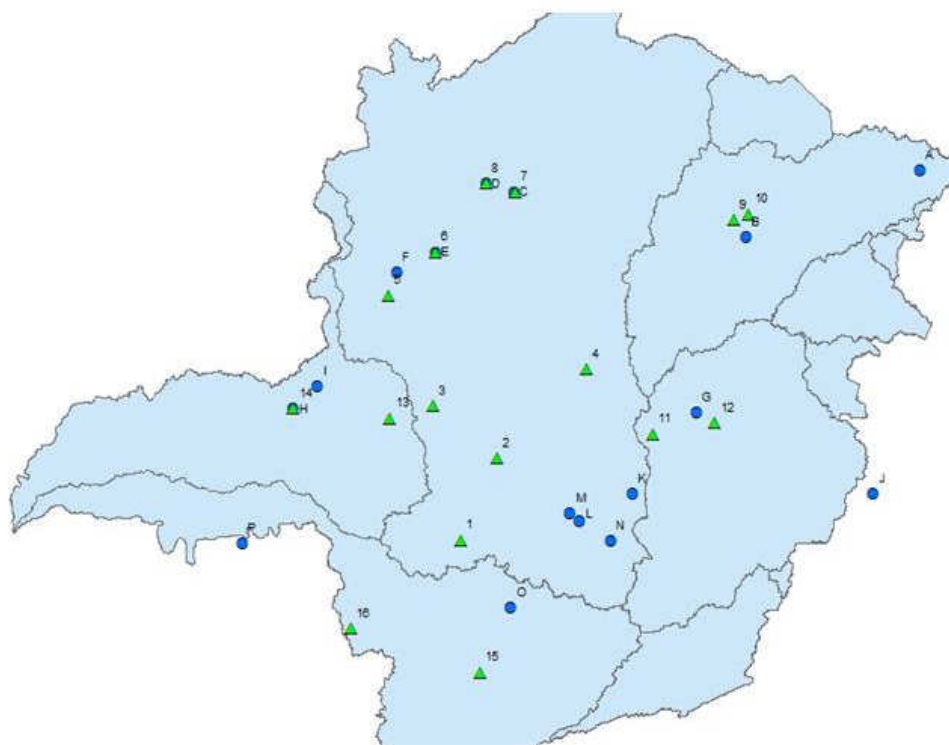
As macrobacias do estado de Minas Gerais fazem parte de três grandes bacias da divisão do país: Bacia do São Francisco; Bacia do rio Paraná e bacia do Atlântico – Trecho Sudeste. Dentro da codificação estabelecida para os postos fluviométricos, as bacias que englobam o estado de Minas Gerais em cada uma destas subbacias são identificadas na tabela abaixo.

Para análise de macrotendências das regiões do estado foram selecionados alguns postos com série longa no Estado. Na figura 18, é apresentada a localização dos postos fluviométricos e pluviométricos selecionados e identificados nas tabelas 6 e 7.

Tabela 23 - Bacias que cobrem Minas Gerais.

| Macrobacias do Brasil | Código <sup>1</sup>     | Subbacias principais                                                              |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| São Francisco         | 40, 41, 42, 43, 44 e 45 | Alto São Francisco, rio das Velhas, Paracatu, Urucuia, Verde Grande e Carinhanha. |
| Atlântico – Leste     | 53, 54 e 55             | Jequitinhonha e Mucuri                                                            |
| Atlântico – Sudeste   | 56, 57 e 58             | Doce e Paraíba do Sul                                                             |
| Paraná                | 60, 61 e 62             | Paranaíba e Grande                                                                |

1 – Código inicial dos postos fluviométricos que caracterizam as subbacias.



| ● PLU                    |         |
|--------------------------|---------|
| Nome                     | No Mapa |
| JACINTO                  | A       |
| PEGA                     | B       |
| SÃO ROMÃO                | C       |
| SANTO INÁCIO             | D       |
| PORTO DA EXTREMA         | E       |
| SANTA ROSA               | F       |
| GUANHÃES                 | G       |
| ESTRELA DO SUL           | H       |
| ABADIA DOS DOURADOS      | I       |
| ITAIMBÉ                  | J       |
| TAQUARAÇU                | K       |
| PONTE NOVA DO PARAOPÉBA  | L       |
| FAZENDA ESCOLA FLORESTAL | M       |
| LAGOA GRANDE (MMV)       | N       |
| SANTANA DO JACARÉ        | O       |
| FAZENDA SÃO DOMINGOS     | P       |

| ▲ FLU                      |         |
|----------------------------|---------|
| Nome                       | No mapa |
| IGUATAMA                   | 1       |
| PORTO DAS ANDORINHAS       | 2       |
| MAJOR PORTO                | 3       |
| SANTO HIPÓLITO (ANA/CEMIG) | 4       |
| PONTE DA BR-040 - PARACATU | 5       |
| PORTO DA EXTREMA           | 6       |
| SÃO ROMÃO                  | 7       |
| SANTO INÁCIO               | 8       |
| PORTO MANDACARU            | 9       |
| BARRA DO SALINAS           | 10      |
| CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO   | 11      |
| FAZENDA CORRENTE           | 12      |
| SANTANA DE PATOS           | 13      |
| ESTRELA DO SUL             | 14      |
| PORTO DOS BUENOS           | 15      |
| FAZENDA CARVALHAIS         | 16      |

Figura 18: Postos pluviométricos e fluviométricos utilizados na análise

Foram selecionados os dados de precipitação mensal e vazão média mensal de todos os postos, além dos máximos das séries mais longas do Estado. No anexo C, são apresentadas com as estatísticas principais e os gráficos das variações sazonais de precipitação e vazão, além da variabilidade interanual da precipitação e vazão destes postos.

#### 4.5.2 Variabilidade sazonal

A variabilidade sazonal representa as mudanças dentro do ano que são avaliadas pelas vazões mensais de precipitação e vazão, caracterizando os períodos úmidos e secos. O estado de Minas Gerais mostra uma sazonalidade bem definida em todas as suas subbacias, com período úmido de outubro a abril e com tendência seco de maio a setembro, como se observa na figura 19.

No anexo C, pode-se observar da amostra de postos selecionados como as precipitações variam ao longo do ano. Na figura 19, é apresentada uma análise adimensional de todos os postos. Os valores de precipitação de cada mês foram divididos pela precipitação média mensal. Os valores acima da média (maior que 1) mostram meses mais chuvosos (outubro a março) e precipitações abaixo do mês (menor que 1) mostram os meses secos (abril a setembro). Os meses de transição são abril e setembro.

Não se observa variação muito grande de tendência entre os postos, com todos mostrando a mesma sazonalidade. O que se observa que alguns mostram menor variabilidade que outros. Também não se observa na amostra dos postos analisados que a sazonalidade esteja se alterando ao longo do tempo. A sazonalidade poderia se alterar com o aquecimento pelo aumento dos efeitos do clima tropical, com a redução das chuvas no inverno e aumento maior no verão.

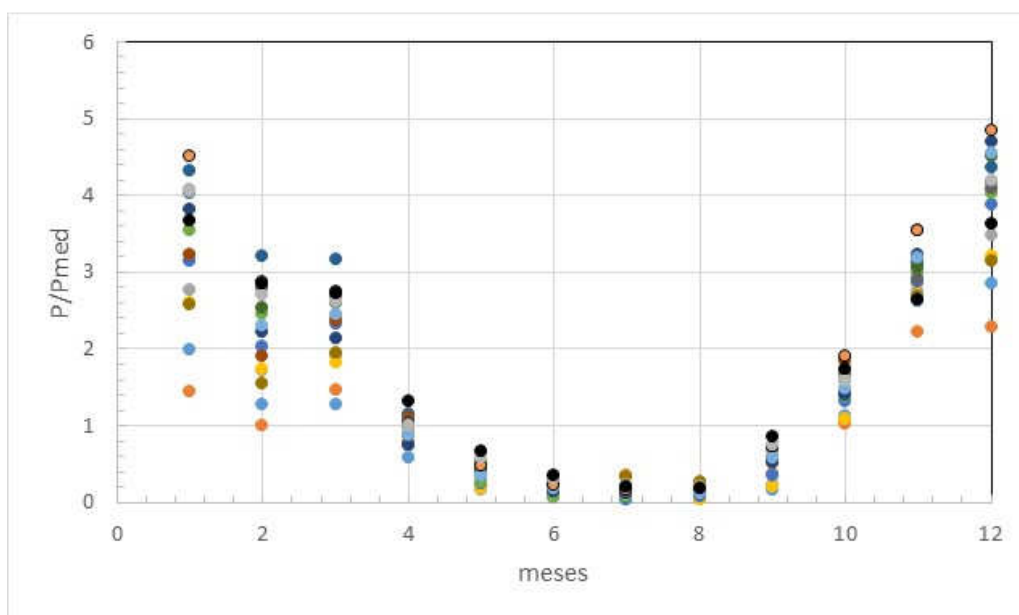


Figura 19: variação das precipitações adimensionais de todos os postos no estado de Minas Gerais selecionados no estudo.

### 4.5.3 Variabilidade temporal e períodos secos

A análise tendencial das vazões e precipitações ao longo do tempo (entre anos) foi realizada para cada subbacia com as séries longas mais longas obtidas em cada subbacia, conforme destacados a seguir.

**Bacia 40 – Alto São Francisco:** observa-se na figura abaixo, na tendência adimensional da média móvel de cinco anos<sup>27</sup> que, até a década de 1960, ocorreu um período prolongado com vazões abaixo e próxima da média. Depois de 1970, se observa uma oscilação de períodos úmidos e secos a cada 8 a 10 anos. Também se observa um período de vazões e precipitações baixas depois de 2010. Na figura abaixo, verifica-se que a amplitude da variabilidade da precipitação adimensional é inferior a vazão adimensional, mostrando o efeito de elasticidade da vazão (ver anexo).

O pior ano foi 1956, com vazão média 43% da média. O ano de 2014 teve falha de dados e é provável que tenha sido pior que o de 1956. A pior sequência de anos secos também foi de 1952 a 1960, onde apenas um ano teve vazão superior à média. Observa-se que depois de 1960 não ocorreu uma sequência longa de anos com vazões abaixo da média. Observou-se dois anos com vazões baixas, mas não uma sequência longa como da década de 50. No entanto, os anos de 2013 a 2015 estão abaixo da média.

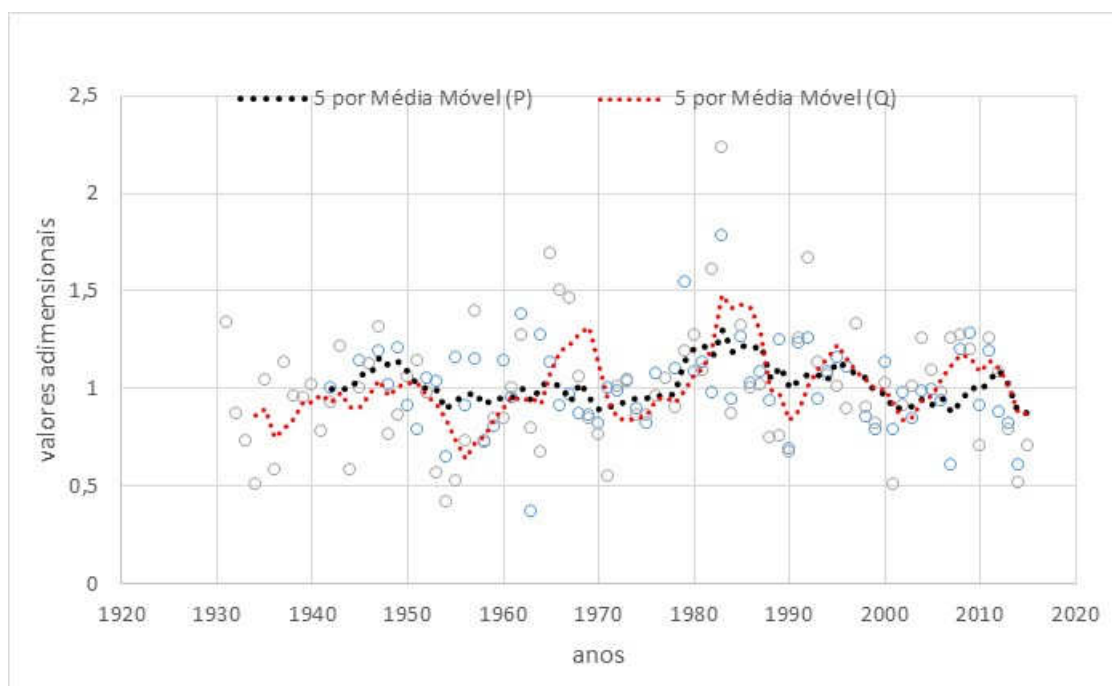


Figura 20: Variabilidade interanual das precipitações e vazões selecionadas na bacia 40 – Alto São Francisco.

<sup>27</sup> A média móvel de cinco anos permite verificar a tendência interanual dos valores de precipitação e vazão.

**Bacia 41 – S. Francisco principal subbacia Rio das Velhas:** os dados selecionados nesta região mostram tamanhos e séries de vazões diferenciados. O posto com série contínua inicia no final da década de 60 e o posto com série longa possui muitas falhas ao longo dos anos. Examinando as precipitações, verifica-se para os postos com séries mais longas (desde a década de 40) o seguinte: (a) até 1970 ocorreram períodos chuvosos acima da média; e (b) depois de 1970 a oscilação diminui, com a média móvel de 5 anos muito próxima da média e tendência declinantes nos últimos anos (depois de 2010).

Para o posto 2043002, Santo Hipólito, que possui muitas falhas, apesar de ter iniciado a série em 1938, o pior ano foi 2014 com 38% da vazão média de longo período. O período da década de 50 possui muitas falhas e não permite avaliar as vazões. Nas figuras abaixo, das precipitações adimensionais, verifica-se que a década de 50 não foi crítica, mas apresenta uma tendência de valores levemente abaixo da média. O menor valor adimensional ocorreu em 2014 com 48% da média. Portanto, o ano seco mais crítico, considerando as séries de dados, é de 2014.

Verifica-se também que, depois de 2004, existe uma tendência de média móvel de cinco anos abaixo da média, acentuando-se nos últimos anos da série.

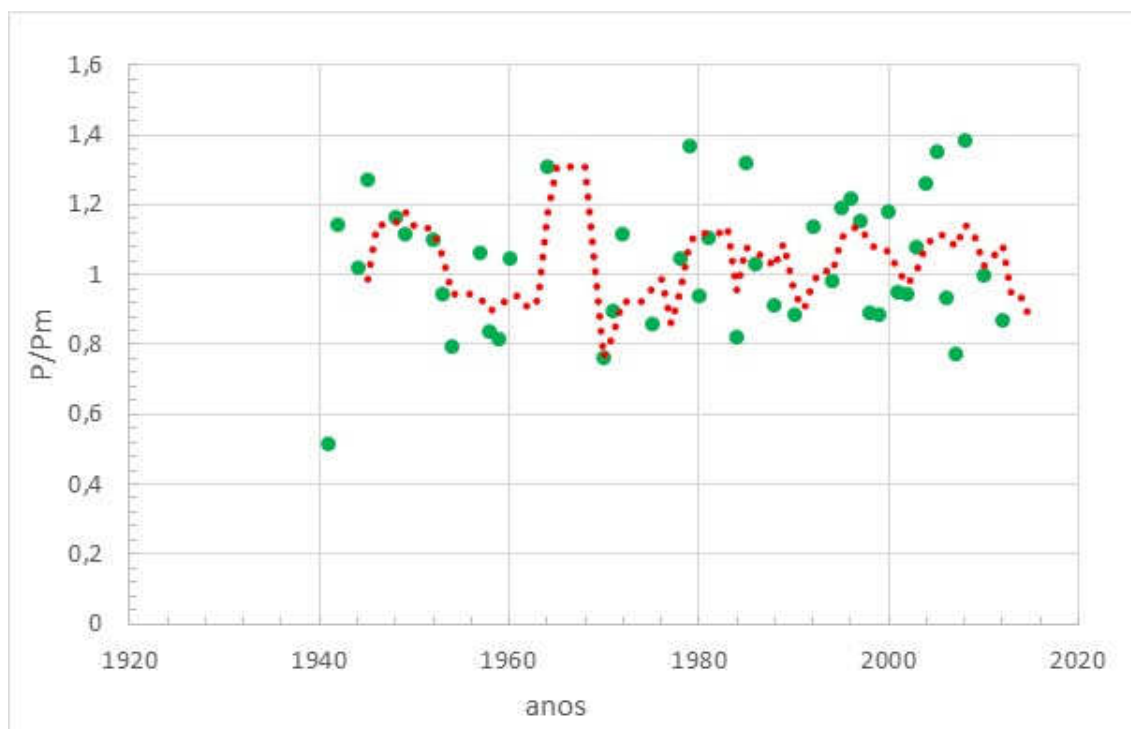


Figura 21: Precipitações adimensionais do posto 2043002.

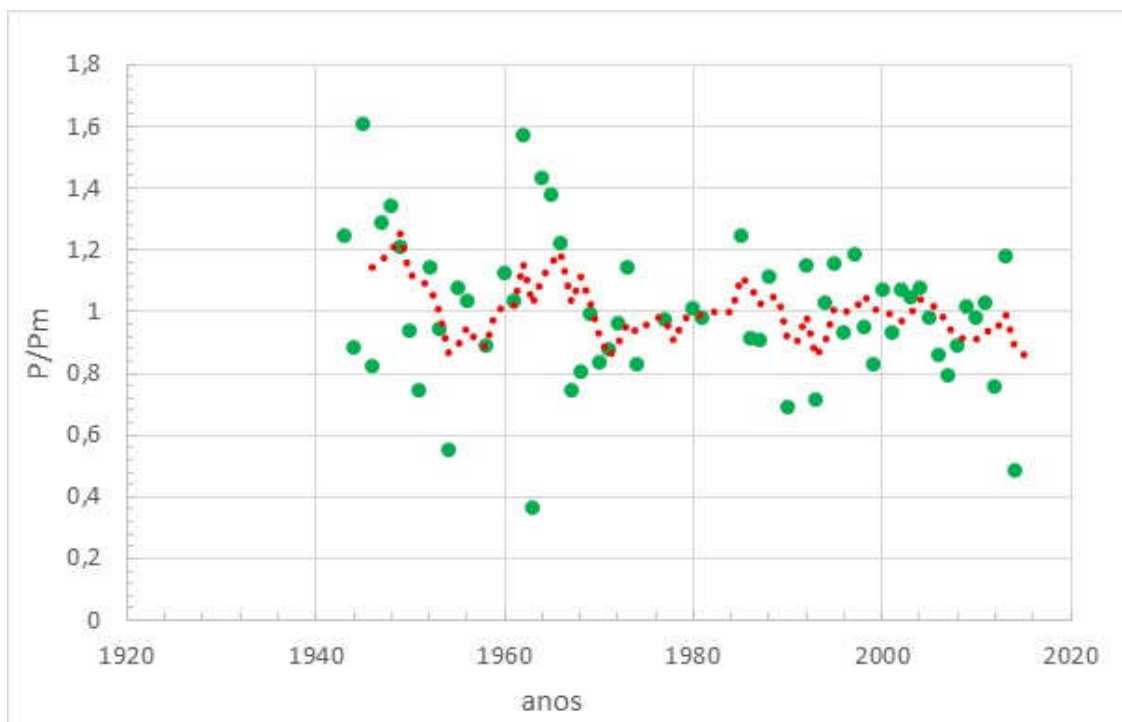


Figura 22: Precipitações adimensionais do posto 1943023.

**Bacia 42 – S. Francisco – Principal subbacia rio Paracatu:** nesta subbacia os dados de chuva, apesar de apresentarem série longa, possuem muitas falhas. Dos dois postos de vazões, um apresenta uma série com menores falhas, apresentado na figura abaixo. No outro posto, que possui mais falhas na série contínua, apesar de iniciar alguns anos antes, observam-se características semelhantes ao posto 42290000. Na figura 23, verifica-se que as vazões até o final da década de 70 são abaixo da média, oscilando entre 0,6 e 0,8 da média de longo período.

O período da década de 80 é mais úmido e na década de 90 retorna a um período seco, com valores baixos, chegando ao ano mais crítico que foi 200, que ficou abaixo de 50% da média. O ano de 2014 não foi tão crítico quanto 2001. Depois de 2001, observa-se um período mais chuvoso, retornando a períodos mais secos depois de 2010. Esta bacia parece ter uma sequência de anos úmidos e secos com 8 a 10 anos de intervalo. É possível que este período seco perdure mais alguns anos.

**Bacia 43 – S. Francisco – Principal subbacia Verde Grande, Urucuia e Carinhanha:** com base nos dados selecionados, verificou-se que a década de 50 foi crítica com seca prolongada. Mesmo nos anos subsequentes, observa-se na série adimensional de vazões que o período úmido somente retornou na década de 80. A seca retorna no período de 1998 a 2003, com um valor crítico em 2001. Este processo não se observa claramente na mesma intensidade na precipitação, talvez devido ao efeito de elasticidade ou da falta de representatividade espacial do posto de precipitação. No entanto, a vazão é

representativa devido ao seu efeito sinérgico espacial. O ano de 2014 foi o mais crítico da série representando 40% da vazão média.

A maior duração de seca ocorreu na década de 50, mas o ano mais crítico foi em 2014. Aparentemente a bacia está num período de seca desde 2011 que pode se alongar.

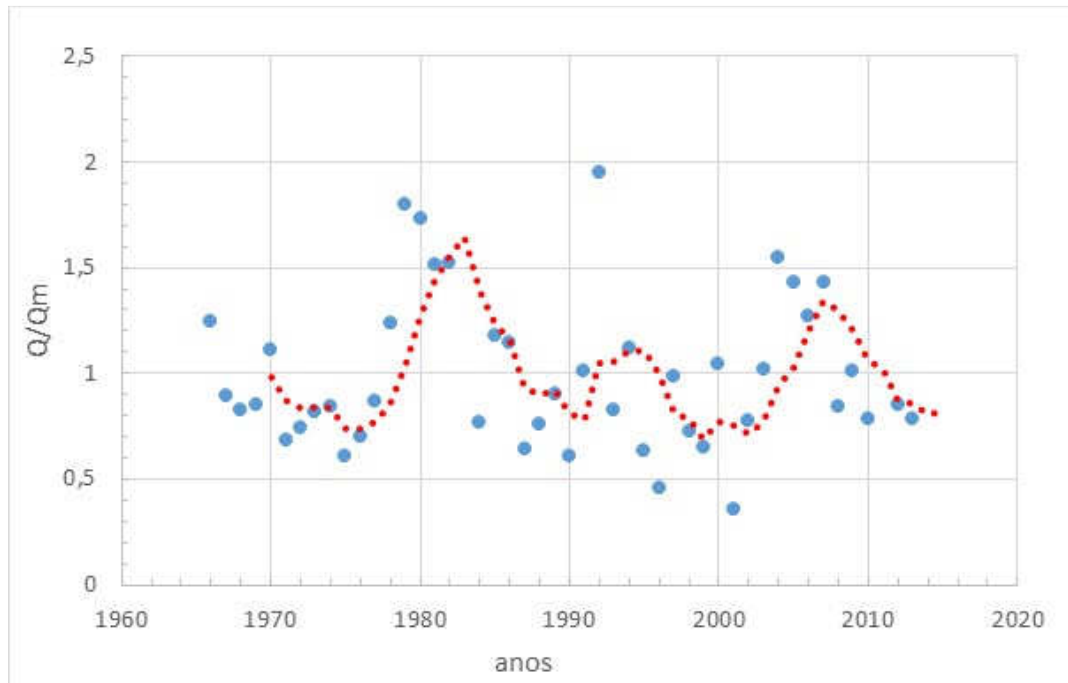


Figura 23: Vazões adimensionais do posto 42290000.

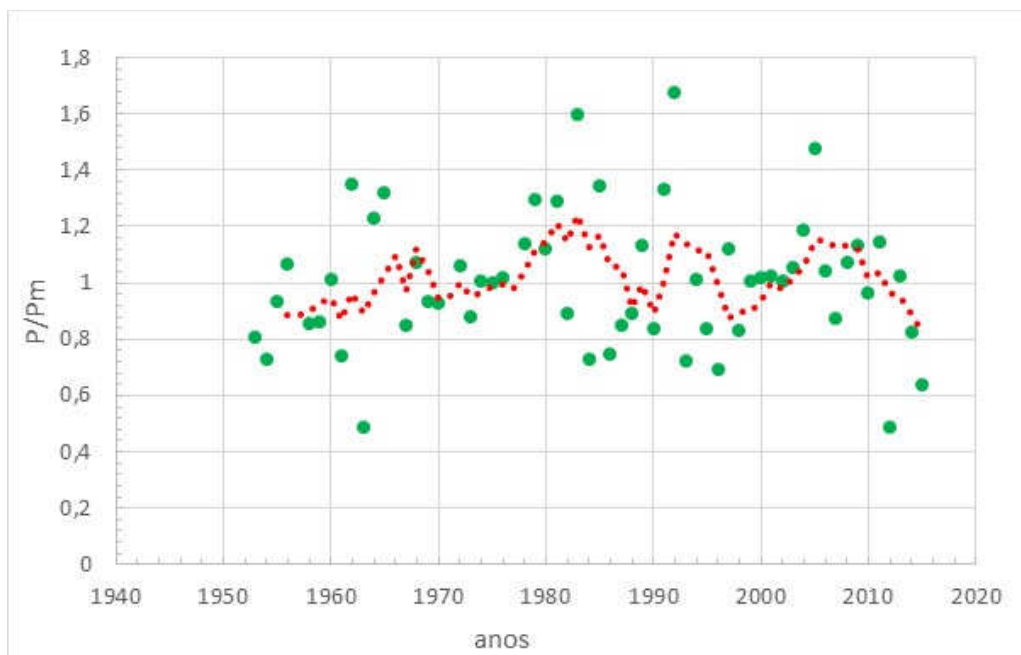


Figura 24: Precipitações adimensionais no posto 1645000 na bacia 43



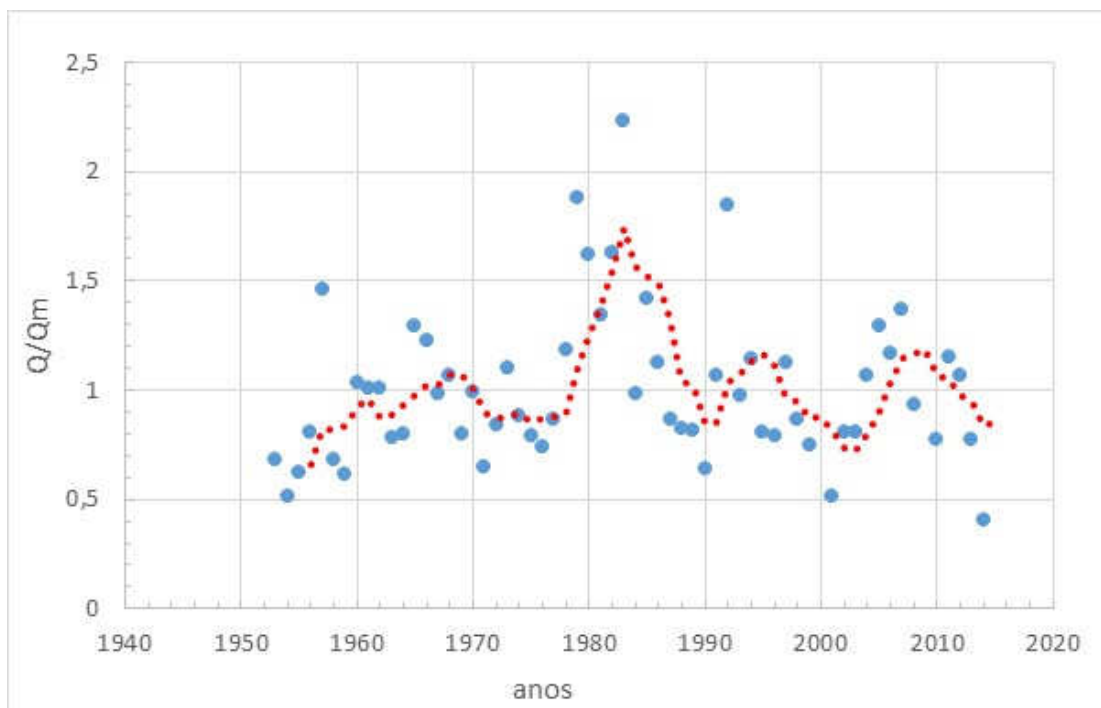


Figura 25: Vazões adimensionais no posto 4320000.

**Bacia 54 – Atlântico Leste – Jequitinhonha:** as informações de precipitação dos postos selecionados mostram muitas falhas. Nos postos de vazão ocorrem também falhas, mas são menores.

Os resultados mostram que o período crítico de seca não ocorreu na década de 50, mas vem ocorrendo depois de 1987, como se observa na média móvel dos valores adimensionais do posto fluviométrico. Na figura 26, são apresentados os valores de vazão, onde se observa a tendência, apesar de intercalado por alguns anos chuvosos. Este processo tem sido observado nas bacias do Nordeste, do qual o Jequitinhonha guarda semelhança climática.

**Bacia 56 – Atlântico Sudeste-Doce:** na figura abaixo, é apresentada a vazão adimensional de um posto representativo na bacia com série desde o final da década de 40. Observou-se o seguinte: (a) ocorreram dois períodos secos bem definidos: de 1961 a 1978 (nenhum valor acima da média) e de 1996 a 2014 (dois valores acima da média). (b) nos anos 1962 e 2014 as vazões médias anuais ficaram 50% da média.

**Bacia 60 – Paraná – Paranaíba:** os efeitos dos períodos secos podem ser melhor observados nas vazões na bacia. Na figura 29, é apresentada a variabilidade de um dos postos de vazões (o outro posto mostra variabilidade semelhante), onde se observam os seguintes períodos secos: 1952 a 1956; 1971 a 1980; 1994 a 2003 e 2010 a 2014. O menor valor anual, inferior a 50% da media ocorreu em 1953, mas em 1969, 1971 e 2015 o valor chegou a 50% da média.

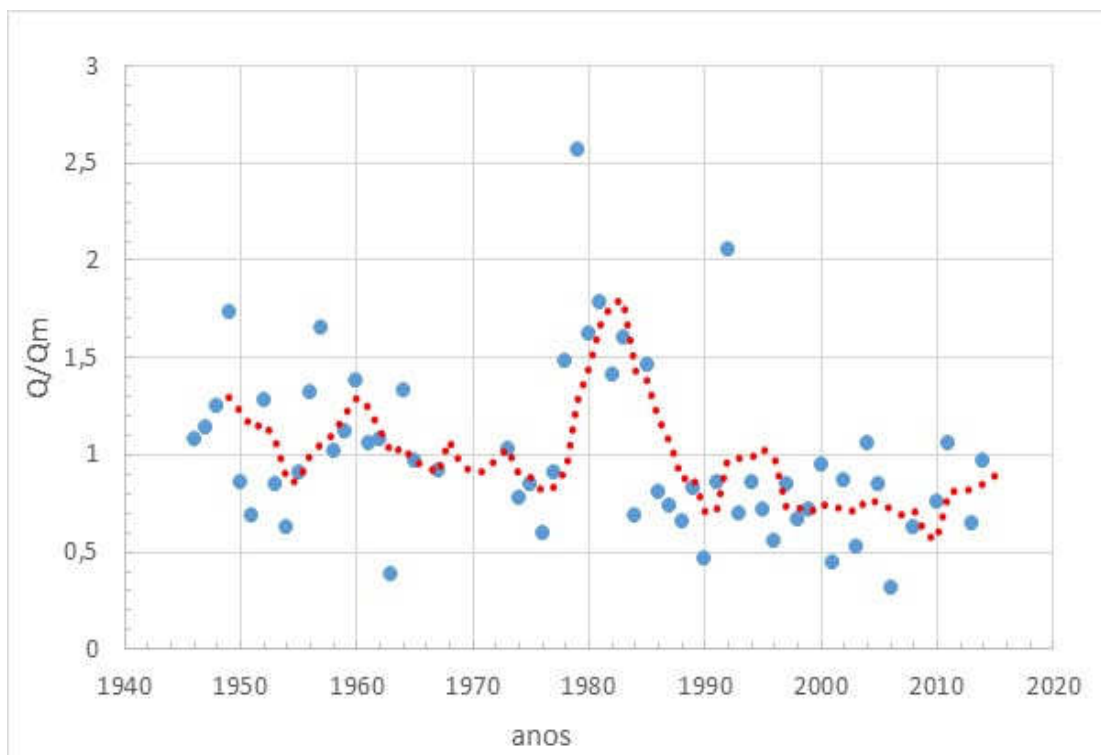


Figura 26: Vazões adimensionais do posto 5415000.

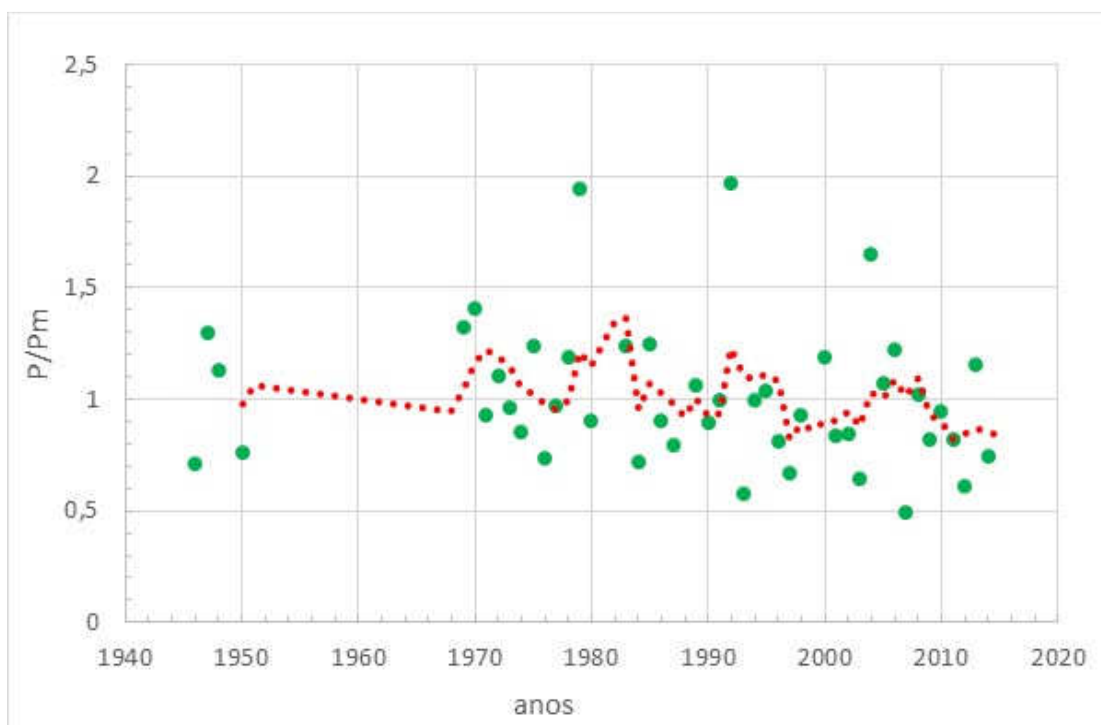


Figura 27: Vazões adimensionais do posto 01642013.

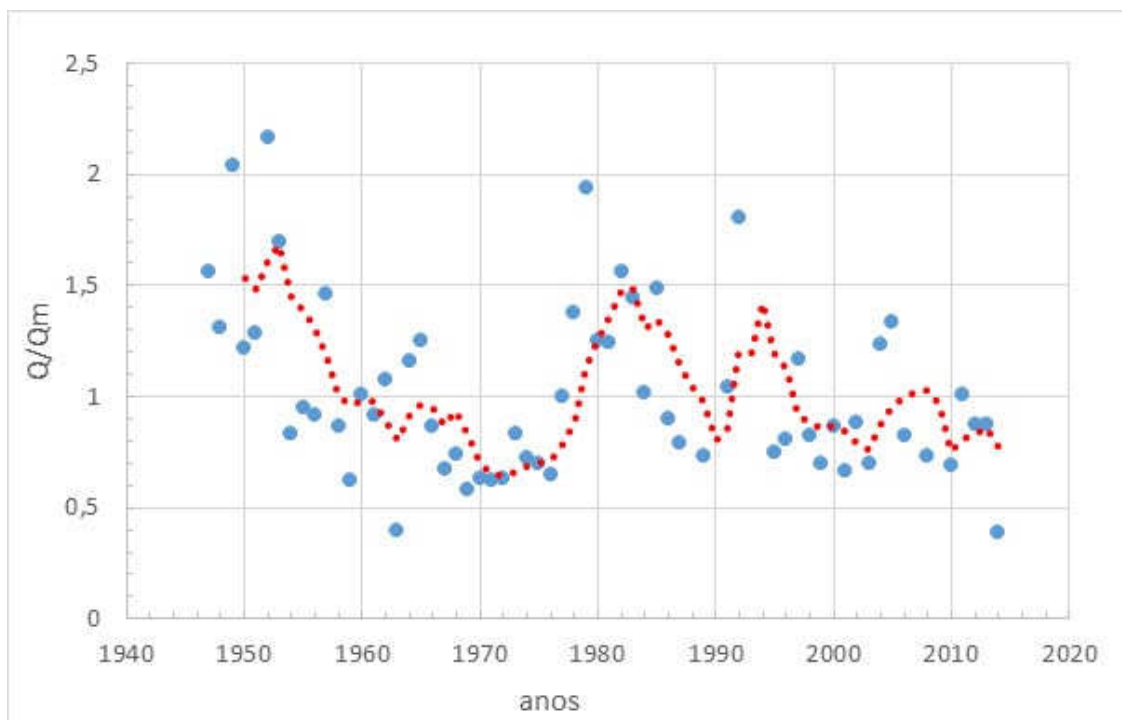


Figura 28: Vazões adimensionais do posto 56750000.

**Bacia 61 – Paraná – Grande:** nesta bacia os postos selecionados de precipitação apresentaram muitas falhas ao longo do período de dados. O posto de vazão com menor quantidade de falhas é apresentado na figura abaixo. Observa-se a seca de 1952 a 1956, com valores próximos de 50% da média. Depois observa-se que a média móvel de cinco anos fica abaixo da média desde 1989, mostrando uma tendência de vazões flutuando próximo da média, mas com valores inferiores. O valor de 2014 se mostra como um ano crítico com o menor valor adimensional da série e inferior a 50% da média.

#### 4.5.4 Eventos Extremos

Para a análise preliminar dos eventos extremos, foram identificados em cada região os postos com séries longas de vazões máximas anuais. Foram encontrados apenas três postos com série longa de vazões máximas anuais. Neste caso, um ano foi considerado com série anual completa quando o ano estava completo ou ocorreram nos meses secos (abril a setembro). Os postos, seus códigos e área de drenagem estão na tabela abaixo.

Na figura 32, são apresentadas as vazões anuais adimensionais dos três postos, mostrando que mesmo em bacias diferentes existem semelhanças de tendência até 10 anos de tempo de retorno.

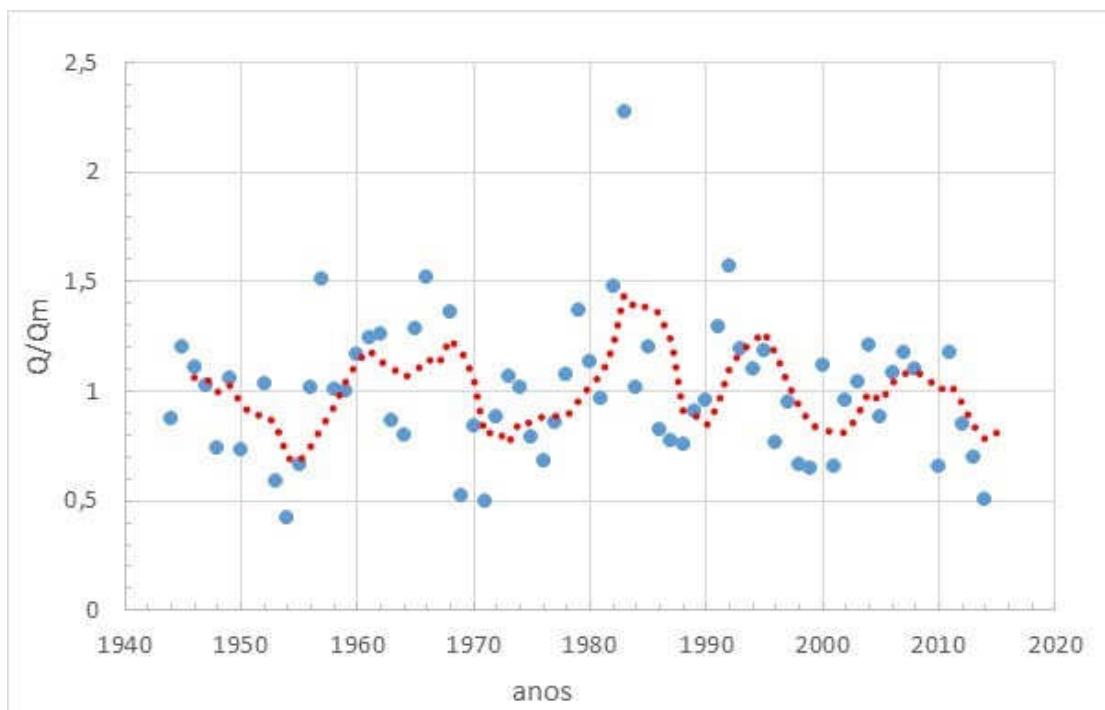


Figura 29: Vazões adimensionais do posto 60150000.

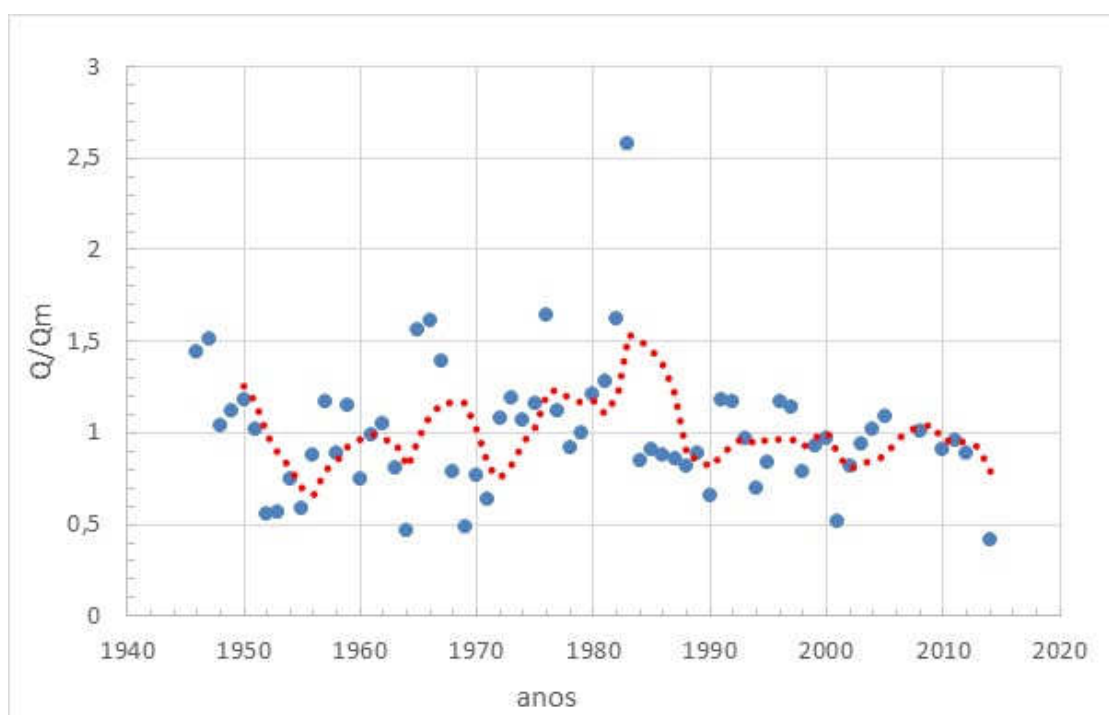


Figura 30: Variabilidade adimensional das vazões o posto 61770000.

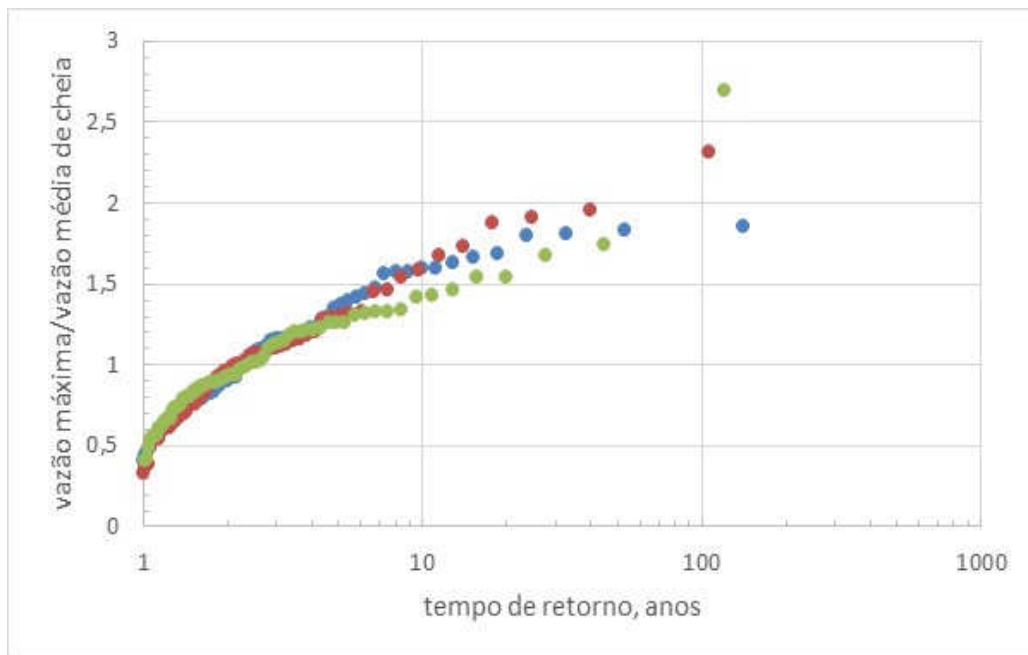


Figura 31: Vazões adimensionais máximas das postos da tabela 24 relativas a 3 diferentes macrobacias de Minas Gerais.

Considerando que a vazão média de cheia representa o leito menor do rio e a vazão de 100 anos a delimitação superior da várzea de inundação, o intervalo entre  $Q_{mc}$  e  $Q_{100}$  representa a área de risco de inundação. Observa-se que a relação entre  $Q_{100}/Q_{mc}$  varia da ordem de 2,22 a 2,51, ou seja, que a delimitação da várzea tem uma vazão da ordem de 2,2 a 2,5 da vazão média de cheia, que pode ser estimada com séries menores de dados.

Verificou-se também que a vazão de 10 anos de tempo de recorrência (10% de chance num ano qualquer) representa da ordem de 1,5 da vazão média de cheia e ocorre, em média, uma vez a cada 10 anos.

Estes indicadores permitem avaliar, num determinado local, os limites da área de inundação de um determinado trecho de rio considerando:

- A seção do leito menor que corresponde a vazão média de cheia pode ser obtida por regionalização;
- A vazão de 100 anos (limite da área de inundação) pode ser obtida por indicadores ou por regionalização e definida pela seção de escoamento correspondente a esta vazão.

Outros tempos de retornos podem ser estimados como o de 10 anos que representa 50% acima da vazão média de cheia com base nos postos usados.

#### 4.5.5 Comentários

Esta análise preliminar das tendências das séries hidrológicas mostra em termos gerais o seguinte:

##### Sazonalidade:

Todas as regiões mostram uma sazonalidade bem definida com meses chuvosos entre outubro e março, meses de transição de abril e setembro e meses secos, com chuva abaixo da média entre maio e agosto.

Tabela 24 - Postos com séries longas para avaliação das cheias

| Código   | Bacia              | Número de anos | Área (Km²) | Q <sub>mc</sub> (m³/s) | Q <sub>mc</sub> L/s/km² | Q <sub>100</sub> (m³/s) | Q <sub>100</sub> /Q <sub>mc</sub> |
|----------|--------------------|----------------|------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 40050000 | Alto São Francisco | 85             | 5560       | 297,6                  | 53,62                   | 688,1                   | 2,31                              |
| 56750000 | Doce               | 64             | 302        | 18,45                  | 61,1                    | 46,46                   | 2,51                              |
| 60150000 | Paranaíba          | 74             | 868        | 28,23                  | 32,52                   | 62,71                   | 2,22                              |

Q<sub>mc</sub> – vazão máxima de cheia, Q<sub>100</sub> – vazão com 100 anos de tempo de retorno.

##### Uso do Solo

De forma geral, nos dados examinados não se observou grande alteração nas séries hidrológicas que pudessem ser devido a alterações do uso do solo, ou seja que tenham alterado a relação precipitação x vazão. Isto pode ter ocorrido em menor escala, mas os dados não mostram grandes alterações.

##### Secas

As secas se caracterizam pela duração (meses e anos) e magnitude (valores abaixo da média de longo período). As regiões representadas pelos dados usados de precipitação e vazão mostraram diferentes comportamentos e períodos secos detalhados na tabela abaixo.

Observou-se que um ano é significativamente crítico em termos de seca, quando a vazão média de um ano é menor que 50% da vazão média de longo período. O menor valor ocorreu em 2014 na bacia 61 com 29% da média. Nas outras bacias, o valor menor das séries ficou entre 30 e 50% da média.

Grande parte da região apresenta como período crítico 1952 a 1956 e todos mostram valores abaixo da média em 2014.

##### Inundações

Para analisar as inundações foram utilizados apenas 3 postos com séries longas, o que não permite uma avaliação distribuída em todo o Estado, mas foram determinados alguns indicadores que podem ser usados em conjunto com séries hidrológicas menores.

Tabela 25 - Síntese dos períodos secos nas macrobacias

| Bacia | Rio                   | Descrição do comportamento das vazões                                                                                                                                                                    | Menor valor adimensional                                                           |
|-------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 40    | Alto São Francisco    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Período seco de 1952 a 1960, tem 8 anos com valores abaixo da média, sendo 1954;</li> <li>• Vários períodos com três anos abaixo da média</li> </ul>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 42% da média em 1954.</li> </ul>          |
| 41    | Das Velhas e outros   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muita falha de dados até 1969;</li> <li>• Período seco de 1970 a 1978 e depois de 2000.</li> </ul>                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 42,4 e 38,1 % da média em 2014</li> </ul> |
| 42    | Paracatu e outros     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dados de vazão com muitas falhas e séries depois de 1969;</li> <li>• Períodos de seca na década de 70 e entre 1996 e 2003</li> </ul>                            | Menor valor em 2001 com valores de 35,3% da média e 38,3 % da média.               |
| 43    | Verde Grande e outros | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Período seco na década de 50, 52 a 60; década de 70; 98-2003 e 2013 e 2014</li> </ul>                                                                           | Menor valor 40,7% da média.                                                        |
| 54    | Jequitinhonha         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muitas falhas nos postos de vazão;</li> <li>• Período de vazão média de cinco abaixo da média desde 1991;</li> <li>• Cenário semelhante ao Nordeste.</li> </ul> | Valores abaixo de 50% da média 1990, 2001 e 2006 (38,3%)                           |
| 56    | Doce                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Período de seca de 1968 a 1978 e 1998 a 2014</li> <li>• Longo período de vazão média móvel de 5 anos abaixo da média depois de 98</li> </ul>                    | Menor valor 38,8 % da média em 2014.                                               |
| 61    | Paranaíba             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Período crítico de 52 a 56; 69 a 71 e 2012 a 2014</li> </ul>                                                                                                    | 1954 foi o pior ano com 42,5% da média.                                            |
| 62    | Grande                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Períodos críticos de 52 a 56; 1968 a 1971;</li> <li>• Período prolongado com a média móvel abaixo da média de 1990 a 2014.</li> </ul>                           | 29,12% da média em 2014.                                                           |

A vazão média de cheia representa a seção de escoamento do leito menor dos rios. A planície de inundação é representada pela cheia de 100 anos (ou a maior inundação observada). Com base nos dados analisados observa-

se que a vazão de 100 anos ( $Q_{100}$ ) corresponde a cerca de 2,2 a 2,5 da vazão média de cheia  $Q_{mc}$  e a cheia de 10 anos ( $Q_{10}$ ) a 1,50 de  $Q_{mc}$ .

Estes indicadores podem ser úteis para definição preliminar dos limites das áreas de risco de inundação.



## 5 DIAGNÓSTICO: AVALIAÇÃO DAS VULNERABILIDADES

No âmbito da Segurança Hídrica, este diagnóstico analisa as principais vulnerabilidades a eventos críticos no estado de Minas Gerais. No capítulo 2 foram caracterizados os aspectos de vulnerabilidade a qualidade da água e meio ambiente, a eventos extremos no Estado e dos aspectos institucionais.

Neste capítulo é apresentada a seguir a estrutura da gestão de eventos críticos, com a estrutura esperada da segurança hídrica. No segundo item são abordadas as vulnerabilidades, com destaque para a variabilidade hidrológica relacionada com os eventos críticos, as áreas urbanas, rurais e suas características que são afetadas pelos mencionados eventos.

No terceiro item é apresentado o diagnóstico sobre as inundações ribeirinhas e a drenagem urbana, considerando seus impactos, causas, gestão e o diagnóstico sobre este tipo de evento crítico. No quarto item são apresentados os elementos sobre as condições críticas sobre a disponibilidade hídrica, potenciais riscos e suas causas, riscos e secas em MG e diagnóstico das secas. No quinto item são analisadas a qualidade da água pela fonte de impactos, gestão de impactos e diagnóstico.

No sexto item são abordados os desastres de obras hidráulicas, considerando a legislação e regulação, estrutura no Estado, riscos e diagnóstico. No sétimo item são analisados os aspectos institucionais dos eventos críticos, aspectos legais e gestão, Plano de Recursos Hídricos, Monitoramento, capacitação e diagnóstico. No oitavo item são apresentadas as conclusões do diagnóstico.

### 5.1 ESTRUTURA

A estrutura da gestão de eventos críticos (figura 32) identifica os eventos críticos da gestão de recursos hídricos: *inundações, secas (demanda x disponibilidade), qualidade da água crítica (potencializada pelos impactos decorrentes dos eventos críticos) e desastres relacionados com obras hidráulicas*. Estes elementos são desenvolvidos com base em condições institucionais (figura 32).

No item seguinte são destacadas as *vulnerabilidades* considerando o seguinte:

- As variabilidades climática e hidrológica que atuam sobre os condicionantes de secas e inundações;
- Vulnerabilidades das áreas urbanas quanto aos eventos críticos: onde se concentram e potencializam os efeitos das condições críticas relacionada aos aspectos socioeconômicos e ambientais;

- Vulnerabilidades das áreas rurais, onde a água é mais utilizada e tem efeito econômico.

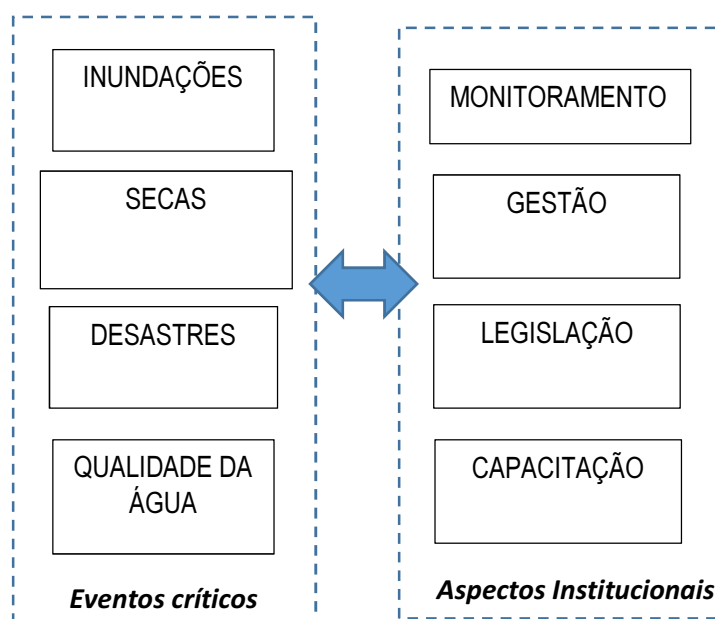


Figura 32: Estrutura da Gestão de Eventos Críticos e Segurança Hídrica.

Nos demais itens são destacados o diagnóstico quanto às inundações, disponibilidade hídrica, qualidade da água e desastres de obras hidráulicas (primeiro bloco da figura 32). No último item são analisados os aspectos institucionais relacionados com os eventos críticos e a segurança hídrica.

## 5.2 VULNERABILIDADES

Todos os setores de recursos hídricos estão relacionados com os eventos críticos na medida que os sistemas construídos para os mesmos estão sujeitos aos riscos dos eventos hidrológicos. A vulnerabilidade é analisada com base nos seguintes aspectos:

- Períodos hidrológicos críticos;
- Áreas urbanas;
- Áreas rurais.

### 5.2.1 Períodos hidrológicos críticos

O capítulo anterior mostrou que o Estado sofreu períodos úmidos (com inundações) e secas (com falta de água) ao longo das séries históricas e estes períodos afetam a economia do Estado. O atendimento das condições de projeto e sistemas preventivos são necessários para reduzir a vulnerabilidade destes eventos.

Os indicadores principais são:

**Anos Secos:** estimou-se o valor mínimo, probabilidade de 1% e 5% da série de vazões adimensionais anuais (Vazão anual,  $Q_i$  pela vazão média de longo período,  $Q_m$ ). O valor obtido mostra que com 1% de probabilidade um ano seco é representado por vazão média 42% da média de longo período;

**Anos Úmidos:** estimou-se o valor máximo, probabilidade de 99% e 95% da série dos valores médios anuais  $Q_i$  pela média de longo período de vazão.

Na tabela abaixo, são apresentados estes indicadores por região ou bacia no Estado. Observa-se que os menores valores das séries de vazão mínima se encontram entre 36 a 42% da média. Existe 1% de chance de um determinado ano ter vazão média da ordem de 40,5 a 47,5% da média de longo período caracterizando uma seca severa, enquanto uma seca mais frequente com 5% de chance é de 52 a 59,8% da média.

Este indicador, correlacionado com os impactos econômicos, permite uma avaliação mais precisa da gravidade dos eventos e a severidade para a população. Usualmente os projetos são dimensionados com 5% de risco de falha para atendimento da demanda<sup>28</sup> (disponibilidade hídrica) e riscos de 10 a 2% para riscos de inundações na drenagem e a área de risco de inundação é delimitada para 1% de chance.

Quanto aos anos úmidos, observa-se que os anos máximos da série de vazões anuais variam de 1,968 a 2,282, representando anos em que a vazão média anual foi 96,8% a 128,2% acima da média. Existe 95% de chance da vazão média anual variar entre 1,51 a 1,821 da média de longo período.

A seca de 2014 não foi a pior seca em todas as regiões do Estado, mas principalmente no Doce com vazão anual média 38,8% da vazão média de longo período, representando menos do que 1% de chance das séries anuais; no rio das Velhas com 38,1% da média de longo período e 29,12% no Grande. Os valores diferem da tabela 26 porque estes são os mínimos de um dos postos e os da tabela 26 são médias dos postos.

**Síntese:** a principal conclusão é de que valores de vazões médias anuais abaixo de 50% da média produzem secas importantes e a região fica em condições críticas quando este valor é inferior a 40% da vazão média de longo período. Outros indicadores hidrológicos podem ser mais convenientes, como a vazão mínima anual com duração de 30, 60 ou 90 dias para as secas e as vazões máximas anuais para as inundações, como apresentado no capítulo anterior.

No caso das inundações, observa-se que o limite da área de inundação é representado pela média das vazões máximas anuais e poucos anos de dados (pelo menos 5 anos) permitem a sua estimativa. As cheias importantes são

---

<sup>28</sup> Não é necessariamente a mesma probabilidade calculada, mas tem alguma relação.

estimadas com base neste valor, como apresentado no capítulo anterior. Em resumo, observou-se com uma amostra pequena de postos o seguinte:

- A vazão de 10 anos corresponde a um valor 50% superior que a vazão média de cheia;
- A vazão de 100 anos, que delimita a área de inundação representa da ordem de 2,2 a 2,5 da vazão média de cheia;

Tabela 26 - Indicadores de anos úmidos e secos. Os valores da tabela são:  $Q_i/Q_m$ , onde  $Q_i$  é a vazão média anual e  $Q_m$  é a vazão média anual de longo período.

| Região/bacia             | Mínimos |       |       | Máximos |       |       |
|--------------------------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|
|                          | Mínimo  | 1%    | 5%    | Máximo  | 99%   | 95%   |
| 40 Alto São Francisco    | 0,396   | 0,463 | 0,550 | 2,003   | 1,585 | 1,630 |
| 41 Das Velhas e outros   | 0,402   | 0,450 | 0,549 | 1,983   | 1,927 | 1,651 |
| 42 Paracatu e outros     | 0,368   | 0,405 | 0,539 | 1,976   | 1,877 | 1,606 |
| 43 Verde Grande e Outros | 0,429   | 0,475 | 0,598 | 2,006   | 1,901 | 1,641 |
| 54 Jequitinhonha         | 0,395   | 0,428 | 0,510 | 2,282   | 2,127 | 1,821 |
| 56 Doce                  | 0,378   | 0,406 | 0,557 | 1,999   | 1,942 | 1,733 |
| 60 Paranaíba             | 0,387   | 0,449 | 0,536 | 1,968   | 1,725 | 1,510 |
| 61 Grande                | 0,382   | 0,434 | 0,526 | 2,120   | 1,813 | 1,563 |
| Média                    | 0,353   | 0,420 | 0,577 | 1,704   | 1,440 | 2,025 |

## 5.2.2 Áreas urbanas

Nas áreas urbanas, vivem 85,28% da população do Estado. Espacialmente representam 0,4% da área do Estado, com grande concentração de demanda por recursos hídricos e produção de efluentes que geram impactos sobre o ambiente. Em termos socioeconômicos, é a principal área de interesse, pois também gera a maior parte do PIB do Estado. O número de municípios é de (são 853 municípios), maior quantidade de municípios entre os Estados brasileiros, sendo que 37 municípios possuem população acima de 100.000 habitantes e representam 43,4% da população do Estado. Na figura abaixo, é apresentada a distribuição espacial destas cidades.

As regiões que apresentam maior concentração urbana e, portanto, maiores desafios em demanda de água e impactos é a Região Metropolitana de Belo Horizonte com 6,040 milhões de habitantes e 30,9% do total da população, Triângulo Mineiro (1,825 milhões) e Sul Sudoeste (1,983,5 milhões) (figura 33).

**Desafios e oportunidades:** os principais desafios das áreas urbanas quanto aos eventos críticos são:

(a) Inundações ribeirinhas e na drenagem urbana, como resultado da falta de planejamento do uso do solo, resultado do seguinte: (a1) As cidades do Estado não possuem no Plano Diretor Urbano da cidade, definições sobre a ocupação de áreas de risco de inundação ribeirinha; (b2) com o desenvolvimento urbano, a impermeabilização do solo e o uso de condutos e canais ocorre aumento das cheias urbanas. Este tópico não foi abordado no relatório de vulnerabilidade a inundações preparado para o Estado;

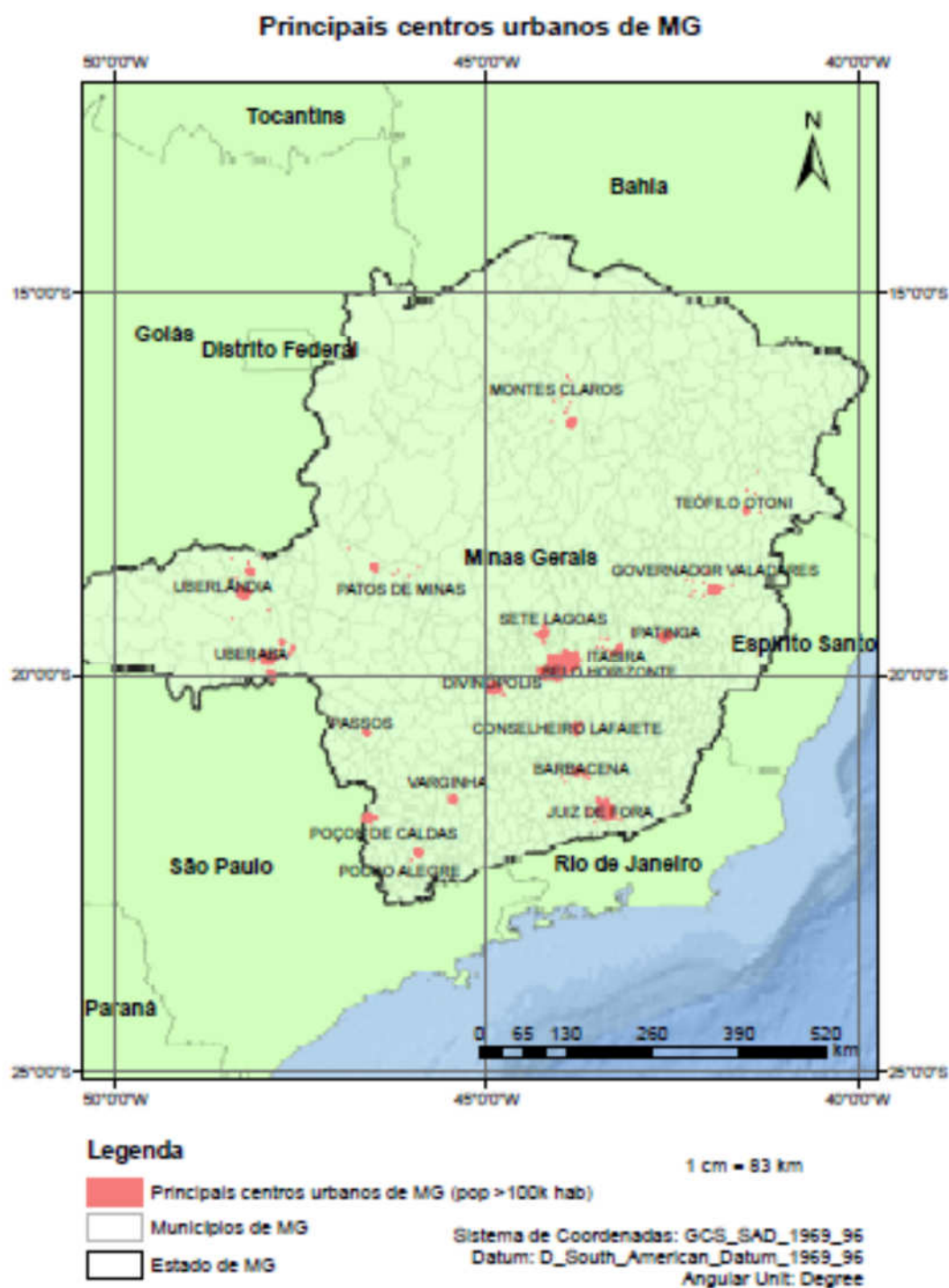


Figura 33: Cidades em Minas Gerais com pelo menos 100 mil habitantes.

Estes efeitos ocorrem em grande parte das cidades, mas nas cidades onde a ocupação urbana é maior (cidades acima de 100 mil habitantes) estes problemas se agravam (ver item de inundação 5.3);

- (b) Limitações no atendimento da *disponibilidade hídrica* durante anos secos devido ao seguinte conjunto de fatores isolados ou combinados: (b.1) Projetos inadequados de abastecimento e mesmo a falta de prevenção; e (b.2) na deterioração da qualidade da água resultado da falta de tratamento de efluentes e controle das fontes poluentes difusas. Isto gera o denominado “ciclo de contaminação” ao longo dos rios que atendem várias cidades (ver item de disponibilidade hídrica 5.3).

A cobertura de abastecimento urbano no Estado é alta, correspondente a 99,1%, mas existe risco de poluição destas fontes devido ao limitado tratamento de efluentes que é de apenas 29,1% da carga efluente dos esgotos domésticos. Além disso, existe a poluição das cargas difusas urbanas e rurais.

- (c) *Poluição dos rios*: a poluição dos rios se agrava nos anos críticos de vazões mínimas para disponibilidade hídrica, aumentando a concentração de poluentes. Da mesma forma no período de cheias existe grande carga de pluviais no início das chuvas, que não tem sido monitorado, afetando a qualidade da água. Como mencionado no item anterior, a qualidade da água próxima aos centros urbanos é ruim, devido principalmente à falta dos serviços. Os eventos críticos se agravam devido a menor capacidade de diluição e a alta carga.

As regiões com maior concentração de população que estão sujeitas a este conjunto de impactos como a Região Metropolitana de Belo Horizonte (ver item 5.5).

### 5.2.3 Sustentabilidade de áreas rurais

O desenvolvimento rural está sujeito as mesmas vulnerabilidades urbanas (inundações e disponibilidade hídrica), mas com espaço maior e menor concentração humana, tornando a vulnerabilidade maior para a produção agropecuária, principalmente para cultivos de sequeiros. Além disso, no ambiente rural existem vulnerabilidades distribuídas relacionadas com a conservação do solo e a poluição difusa, devido à falta de monitoramento sobre seu impacto.

**Desafios e Riscos:** no setor rural, os principais desafios, riscos e oportunidades estão relacionados com o seguinte:

- *Plantio de sequeiro*: os períodos críticos ocorrem quando existem períodos prolongados com baixa precipitação que não atendem a

capacidade de campo dos cultivos e reduzem a produção. Para este tipo de problema a previsão climática passa a ser importante para reduzir os prejuízos;

- *Plantio com irrigação*: este tipo de cenário é crítico quando a demanda dos períodos compete com fontes de água limitadas na cabeceira das bacias hidrográficas. Para perímetros com oferta alta de disponibilidade como o S. Francisco, o risco dos eventos críticos é baixo;
- *Demanda de água para animais*: o risco de atendimento a demanda ocorre de forma distribuída em função da quantidade de animais e da disponibilidade local.
- *Conservação do solo*: períodos chuvosos podem produzir mais áreas degradadas em função da intensidade de chuva e da sua proteção. Este é um processo distribuído que envolve as práticas de proteção do solo e recuperação nos períodos de chuvas intensas superiores a capacidade de suporte dos sistemas de plantios;
- *Poluição difusa*: não existem dados sobre este tipo de poluição e o monitoramento atual não permite avaliar este tipo de poluição sobre os rios. Considerando a importância e o impacto que pode produzir torna-se fundamental o conhecimento deste impacto.

## 5.3 INUNDAÇÕES

### 5.3.1 Impactos

Os impactos das inundações urbanas são os seguintes:

- **Drenagem urbana**: aumento da frequência da inundação nas áreas urbanas, aumento de sedimentos e erosão do solo e poluição de águas pluviais. Estes processos produzem redução da qualidade de vida e impactos ambientais distribuídos ao longo das cidades;
- **Inundação ribeirinha**: inundação da população próxima dos rios em áreas de risco como consequência da ocupação de áreas de risco natural. Estas condições produzem vulnerabilidades econômica e social a esta população;
- **Áreas de risco de desastres**: escorregamento de encostas, com perdas de propriedades e vidas por ocupação de áreas íngremes com evidente falta de sustentabilidade durante prolongados períodos de inundação.

Estes impactos podem ocorrer de forma distribuída nas cidades. As perdas estimadas nas inundações, principalmente ribeirinhas, atualizadas para o preço

atual são de R\$ 8,27 bilhões entre 2008 e 2014 e um valor médio anual de R\$1,18 bilhões. O número de mortes foi de 160, com cerca de 23 mortes anuais por inundações. Os desabrigados foram um total de 46.000 com valores médios anuais de 6.570. Portanto, a vulnerabilidade é importante no Estado.

### **5.3.2 Causas dos impactos**

Como foi destacado nos capítulos anteriores, as inundações podem ocorrer na drenagem urbana, como resultado do desenvolvimento urbano (áreas impermeáveis e canalização) e inundações ribeirinhas no leito maior dos rios.

Na drenagem urbana, as inundações são decorrência de um desenvolvimento urbano sem controle e os impactos são produzidos por uma parte da população e transferida para outra, a jusante, devido ao aumento da frequência das inundações, produção de sedimentos e deteriorização da qualidade da água pluvial. As inundações aumentam em função do aumento das áreas impermeáveis e canalização dos rios e riachos urbanos.

Na inundação ribeirinha, as inundações são decorrência da ocupação do solo em áreas de risco próximo ao leito menor dos rios e nos anos de maiores vazões esta população é atingida.

### **5.3.3 Gestão atual das inundações**

As ações de gestão no Estado não possuem integração e se resumem numa avaliação parcial do problema através do mapa de vulnerabilidade com metodologia desenvolvida pela ANA e de apoio às pessoas durante o evento pela Defesa Civil.

Estas ações, apesar de importantes para se obter uma primeira avaliação, são qualitativas e limitadas para atuar sobre o problema. Atualmente não se observa nenhuma ação preventiva para reduzir estes impactos ao longo do tempo.

Os prejuízos diretos, somente nas inundações ribeirinhas, produzem R\$1,18 bilhões por ano de prejuízo ao Estado. Na drenagem urbana, pode-se estimar, de forma preliminar, da ordem de R\$ 800 milhões por ano, chegando ao total de R\$ 2 bilhões de reais.

O custo de uma família ocupar uma área de risco é de, no mínimo, R\$ 120 mil para um futuro reassentamento e seguramente será superior a este se o custo envolver obras. Ao longo do tempo, a ocupação das áreas de inundação produz um passivo impagável, resultando em frequentes impactos para a população que ocupa estas áreas.

As ações do Estado e dos municípios, durante os eventos, é o de declarar calamidade e usar fundos sem endividamento para atender a população por medidas que não necessitam concorrência pública. Este tipo de procedimento,



apesar de ser considerado emergencial devido aos eventos, tende, a longo prazo, a incentivar a falta de prevenção das cidades, aumentando a ocupação das áreas de risco.

A lei de saneamento estabeleceu quatro serviços: abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana. Os três primeiros possuem instituições e recuperação de custo. Geralmente os dois primeiros são operados pelo Estado (como em Minas Gerais) e os outros dois pelo município. A drenagem não possui prestador de serviço e falta ação preventiva, corretiva e de manutenção necessária a este serviço.

No tocante a gestão de recursos hídricos, os Planos de Bacia Hidrográfica, que são o instrumento de implementação da gestão de Recursos Hídricos, atuam apenas sobre outorga e enquadramento dos rios, mas, apesar de um dos objetivos da lei de recursos hídricos mencionar a ação sobre eventos extremos como inundações, os Planos não tratam este componente da gestão da várzea ribeirinha dos rios que se desenvolvem ao longo de áreas rurais e urbanas.

### **5.3.4 Diagnóstico das inundações**

Com base na análise realizada, observa-se os seguintes aspectos principais sobre as condições de inundações no estado de Minas Gerais e suas vulnerabilidades:

- A atuação sobre as inundações é fragmentada por várias instituições e não se conhece de forma clara os impactos quantitativos das inundações em áreas urbanas e rurais. A metodologia em uso não favorece uma ação efetiva sobre gestão do risco de inundações;
- Os instrumentos de planejamento, como o Plano de Bacia Hidrográfica, não abordam a gestão de inundação ribeirinhas nas cidades;
- As cidades não possuem uma gestão de drenagem urbana que possa estabelecer serviços e produtos sustentáveis ao longo do tempo, mitigando os impactos criados pelo desenvolvimento urbano;
- Não existem programas de prevenção, preparação e emergência apropriados para mitigar e adaptar a população aos eventos críticos de inundação no Estado. Por exemplo, um sistema de alerta de inundação, um programa e zoneamento de áreas de risco associado ao planejamento urbano, controle nas cidades do aumento dos impactos na drenagem, entre outros.
- Considerando o prejuízo médio de inundação no Estado da ordem de R\$ 2 bilhões anuais<sup>29</sup>, pode-se planejar um investimento para reduzir estes

---

<sup>29</sup> Valor estimado muito preliminar

prejuízos em 80 a 85% ao longo do tempo e reduzindo a vulnerabilidade da população.

## 5.4 DISPONIBILIDADE HÍDRICA

### 5.4.1 Critérios e condicionantes da disponibilidade hídrica

A gestão da disponibilidade hídrica está intrinsecamente ligada à demanda de água em qualquer região. A legislação de recursos hídricos prevê a gestão desta relação com base no instrumento da outorga nas bacias hidrográficas.

Na figura 34, abaixo, pode-se observar a estrutura dos elementos que relacionam disponibilidade e demanda e sua relação com os condicionantes de segurança hídrica de projeto e emergência (seca). Os condicionantes de disponibilidade hídrica estão relacionados com a oferta natural da água em função das condições climáticas e hidrológicas, alterações do sistema, como uso do solo e obras hidráulicas (regularização ou desvio), e poluição das fontes de disponibilidade hídrica que fazem com que a mesma possa reduzir. De outro lado, a demanda depende do desenvolvimento econômico e social da região, principalmente relacionado com os usos consuntivos, que podem levar ao limite da disponibilidade. Portanto, a gestão destes elementos é realizada no tempo e no espaço, atuando dentro dos conceitos de projeto (para determinados riscos) e emergência (para atender quando o risco ocorrer).

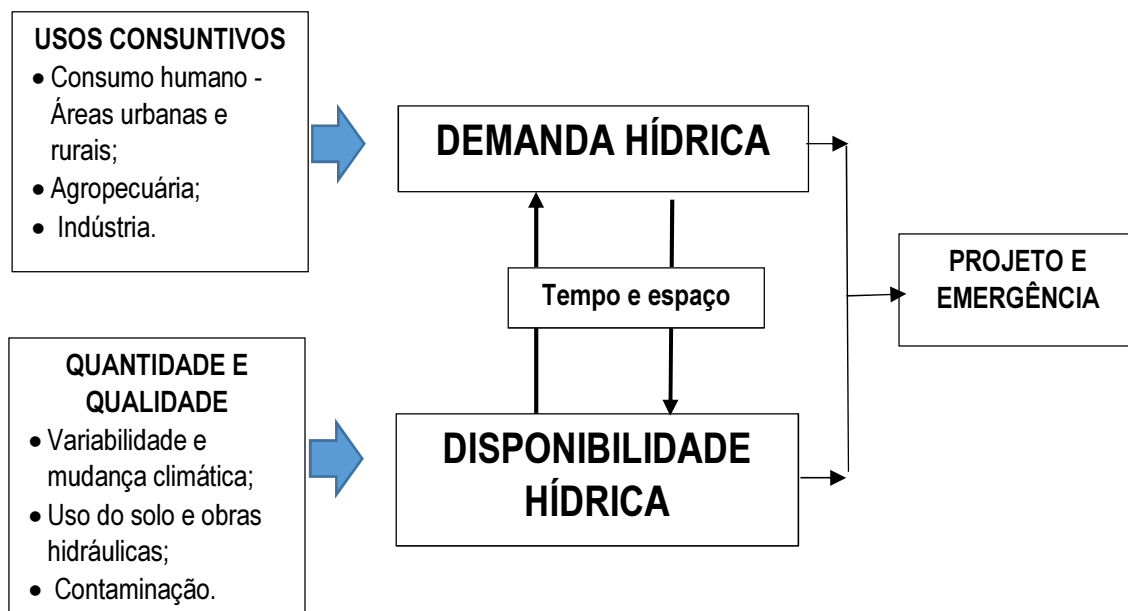


Figura 34: Estrutura da gestão de disponibilidade e demanda hídrica

### 5.4.2 Potenciais riscos e suas causas

Como foi mencionado no item 2.8, existem os riscos relacionados com oferta e demanda de recursos hídricos relacionados com o seguinte:

- (a) **Excesso de demanda:** quando vários usos num mesmo local aumentam sem controle. Isto pode ocorrer principalmente em regiões urbanas associado a usos como agricultura e indústria. No Estado, esta vulnerabilidade pode ocorrer junto às regiões de maior concentração urbana;
- (b) **Falta de infraestrutura:** de adução e/ou distribuição da água ou falta de infraestrutura de regularização. Este cenário é decorrência de falta de investimentos. A cobertura de abastecimento de água é alta no Estado. Na figura 7, é apresentado um mapeamento das cidades com atendimento satisfatório e limitado no Estado. As áreas amarelas mostram deficiência;
- (c) **Escassez de água de qualidade:** por poluição das fontes. Este cenário ocorre principalmente a jusante das cidades devido à limitada cobertura de tratamento de efluentes no Estado. Nestas condições, a cobertura de abastecimento pode ser alta, mas a qualidade da água pode estar sendo comprometida pelos efluentes.
- (d) **Eventos críticos extremos como secas excepcionais:** estas condições são ainda mais críticas num período de seca, quando a vazão dos rios fica abaixo da vazão de referência e a qualidade é comprometida. As secas ocorridas recentemente, em 2014 e 2015, foram agravadas pela poluição das fontes de águas. Considerando que os sistemas estão atendidos para os itens anteriores em nível de projeto, existirá um risco de atendimento ao cenário de estiagem excepcional, por exemplo, quando a vazão média é inferior 40% da vazão média de longo período.

Os principais riscos quanto a falta de atendimento da demanda de água no Estado são:

- Poluição das fontes e mananciais de água junto às cidades por efluentes domésticos e industriais, aumentando o risco sobre a quantidade e qualidade da água;
- Falta de atendimento às condições de projeto atualmente existente e potenciais conflitos pelo uso da água nas bacias;

### 5.4.3 Aspectos Institucionais

A gestão de bacias hidrográficas, por meio de seus Planos de Recursos Hídricos, aborda de forma desintegrada as questões relacionadas à quantidade e qualidade da água. A outorga de quantidade é realizada

independente do enquadramento, quando a disponibilidade hídrica é resultado de quantidade disponível com qualidade.

Este processo faz com que, a medida que população cresce junto as áreas urbanas, aumente a poluição, já que a água de abastecimento é uma diluição de esgoto sem tratamento com água de qualidade, agravando-se no tempo e nos períodos críticos.

Torna-se necessário o desenvolvimento de metas objetivas nos Planos de Bacia e na gestão dos recursos hídricos pelas agências, tendo como meta a redução das cargas nos rios e a recuperação da qualidade da água.

De outro lado, dentro das cidades deve-se procurar revisar o mecanismo de regulação das áreas mananciais. A legislação existente no Brasil incentivou a poluição das águas das bacias que são utilizadas para abastecimento humano. A legislação de mananciais no Brasil define as bacias de abastecimento como áreas de preservação, fazendo com que o proprietário não tenha retorno econômico da área, além de ser cobrado impostos pela propriedade que é usada para o bem comum de abastecimento da cidade. Esta política resultou em áreas abandonadas e ocupadas por população de baixa renda que contaminaram o manancial. Esta política deveria ser revisada, introduzindo-se mecanismos econômicos que incentivem a efetiva preservação da qualidade da água ao longo do tempo. Isto pode ser realizado pela valorização econômica do proprietário da terra que utilizar de forma sustentável a área, com retirada de impostos e outros incentivos.

Com a perda de mananciais, as empresas tendem a buscar água cada vez mais distante, gerando aumento do custo da água. Não se observam práticas de conservação e eficiência da água<sup>30</sup> que tratem os efluentes e reutilizem parte do escoamento, além da redução de perdas, educação sobre conservação da água, equipamentos eficientes, entre outros.

Além destas condições não existe nenhuma prática de gestão da emergência quanto à disponibilidade hídrica, preparando os projetos para as situações de eventos críticos com prevenção, previsão, emergência, mitigação e recuperação.

#### **5.4.4 Riscos de secas em Minas Gerais**

Cerca de 168 municípios estão incluídos na área de seca da SUDENE, correspondente aos municípios do Vale do Jequitinhonha e Mucuri, além do São Francisco.

Esta região aparece com as menores vazões específicas médias na tabela 27, região 43 S. Francisco, que engloba bacia do rio Verde Grande e afluente

---

<sup>30</sup> Conservação envolve práticas de redução do consumo da água e eficiência é o conjunto de práticas de tecnologia para evitar perdas.

com 10,1 l/s/km<sup>2</sup> (mínima de 4,32 L/s/km<sup>2</sup>) e Jequitinhonha com 7,97 L/s/km<sup>2</sup> (mínima de 3,02 L/s/km<sup>2</sup>).

Nas outras regiões, os valores são maiores chegando a quase 19 L/s/km<sup>2</sup>, resultando de precipitações médias maiores e condições do solo. As vazões médias mensais mínimas retratam condições de seca e os valores se encontram entre 3 e 4 L/s/km<sup>2</sup> nas bacias mais secas e cerca de 7 L/s/km<sup>2</sup> nas mais úmidas. Considerando um cenário anual seco com 1% de chance, o valor chega a 40% da média de longo período. Para a bacia do Jequitinhonha seria como a média anual chegar ao valor do mínimo médio mensal.

Tabela 27 - Características das vazões médias e mínimas regionais

| C  | Rio e Bacia                     | Q <sub>med</sub><br>(l/s/km <sup>2</sup> ) | Q <sub>min</sub><br>(l/s/km <sup>2</sup> ) | Q <sub>min</sub> /Q <sub>med</sub><br>(100%) |
|----|---------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 40 | Alto São Francisco              | 17,68                                      | 5,73                                       | 32,4                                         |
| 41 | São Francisco - Rio das Velhas  | 14,24                                      | 5,78                                       | 40,6                                         |
| 42 | São Francisco - Paracatu        | 11,62                                      | 4,26                                       | 36,7                                         |
| 43 | S. Francisco - Rio Verde Grande | 10,08                                      | 4,32                                       | 42,9                                         |
| 54 | Jequitinhonha                   | 7,97                                       | 3,03                                       | 38,0                                         |
| 56 | Doce                            | 16,95                                      | 6,47                                       | 38,2                                         |
| 60 | Paranaíba                       | 16,60                                      | 6,38                                       | 38,5                                         |
| 61 | Grande                          | 18,78                                      | 6,52                                       | 34,7                                         |

Q<sub>med</sub> – é a vazão específica média de longo período; Q<sub>min</sub> é vazão mínima média mensal ; valores determinados com base em poucos postos, mas representativos.

Estes indicadores mostram o seguinte:

- (a) Regiões com condições mais propícias a secas e com menor disponibilidade hídrica para projetos hídricos como Jequitinhonha e São Francisco (bacia 43);
- (b) As regiões com condições mais críticas quanto a oferta são as que necessitam de maiores medidas preventivas para condições de secas;
- (c) Na região do São Francisco - Rio das Velhas (41), a disponibilidade hídrica é maior, mas a demanda também é significativa em função da Região Metropolitana de Belo Horizonte, além do risco acentuado de perda de qualidade da água.
- (d) Nas demais regiões existem riscos de secas, como ocorreu em 2014 e 2015, mas a disponibilidade média é suficiente para gerenciar de forma adequada as demandas dentro de um planejamento de projeto e emergência sustentável.

#### **5.4.5 Diagnóstico sobre as secas**

Com base na análise realizada, observam-se os seguintes aspectos principais sobre as condições de disponibilidades hídricas no estado de Minas Gerais e suas vulnerabilidades:

- Existem regiões, como Jequitinhonha e S. Francisco – Verde Grande e outros (bacia 43), onde a disponibilidade hídrica é baixa e o atendimento da disponibilidade hídrica está em risco devido ao risco de secas e falta de infraestrutura;
- No São Francisco, rio das Velhas (bacia 41) o risco está associado a grande demanda de água e poluição dos mananciais por falta de tratamento de efluentes. Neste caso, a gestão da outorga e das metas de qualidade da água no enquadramento devem ser integradas dentro do Plano de Bacia para mitigar o efeito do ciclo de contaminação<sup>31</sup> gerado pelo desenvolvimento urbano;
- Existe um número importante de cidades com vulnerabilidade a disponibilidade hídrica em nível de projeto que necessitam um planejamento de atendimento dentro de um horizonte adequado de planejamento;
- Não existe uma Política de gestão de secas ou eventos críticos de estiagem, com visão preventiva destes eventos e medidas emergenciais para reduzir estes riscos;
- Nas medidas de emergências de desastres de rompimento de barragem deve estar previsto um programa alternativo de atendimento da demanda para as cidades que podem ser afetadas, para evitar o ocorrido recentemente no rompimento da barragem de mineração da Samarco, em Mariana.

### **5.5 QUALIDADE DA ÁGUA**

#### **5.5.1 Fontes dos impactos**

A qualidade da água dos rios é um importante indicador do impacto sinérgico da sociedade e do clima sobre os recursos hídricos e o meio ambiente. As condições críticas de qualidade ocorrem por combinações de fatores e estão dentro dos seguintes cenários de fontes de poluição:

---

<sup>31</sup> Ciclo de contaminação urbano ocorre quando a gestão municipal retira água de montante e lança efluentes com baixo nível de tratamento para jusante, contaminando os rios. Nesta transferência de montante para jusante as cidades estão transferindo impactos de uma para outra dentro do eixo dos rios,

- **Cargas pontuais de efluentes urbanos domésticos, industriais e de mineração**, associadas à redução de vazões nas estiagens ou secas importantes. A Resolução CONAMA 357/2005 regula o enquadramento dos rios com base nas cargas pontuais. O enquadramento é uma das metas dos Planos de Bacias e tem como meta atingir níveis de qualidade para os rios, para uma vazão de referência dos rios.
- **Carga difusa** devido a áreas rurais poluídas por pesticidas, entre outros, e áreas urbanas poluídas pela lavagem destas superfícies durante o período chuvoso, geralmente na parte inicial das inundações. Para este cenário não existe monitoramento e o conhecimento sobre o efetivo impacto atual sobre os recursos hídricos e meio ambiente é desconhecido.

As áreas mais poluídas nos sistemas hídricos, tendo como fonte as cargas pontuais, ocorrem próximo às cidades e às áreas de mineração. Existe atualmente uma extensa rede de monitoramento de qualidade da água acompanhando este tipo de impacto no estado, com relatórios anuais. Na caracterização, apresentada no item 2.7, foi destacado que, para os indicadores principais de toxidade e IQA, os trechos próximos a centros urbanos mostram qualidade da água ruim ou péssima, mostrando a falta de gestão dos efluentes das cidades e das indústrias.

### 5.5.2 Gestão dos impactos

Os principais desafios da gestão dos impactos relacionados com a qualidade da água são os seguintes:

- Na gestão da qualidade da água é necessário melhorar a integração do controle das fontes de poluição com a redução dos impactos nos sistemas hídricos. O instrumento para esta ação é o enquadramento dos rios<sup>32</sup> e seu acompanhamento por parte do comitê de bacia, utilizando a rede de monitoramento.
- Os Planos de Bacia Hidrográfica não têm obtido resultado neste processo devido à falta de integração da gestão no comitê com as empresas de Saneamento (COPASA, no Estado, e as municipais), já que a maior carga é de efluentes urbanos.
- Para as fontes de poluição industriais e de mineração é necessário identificar os parâmetros de qualidade da água e estabelecer objetivos

---

<sup>32</sup> Enquadramento de um rio é uma meta de qualidade da água desenvolvida com base na identificação das fontes de contaminação, planejamento das intervenções para redução das cargas ao longo tempo. As metas a serem atingidas são o enquadramento dos trechos de rios.

específicos de avaliação e metas de longo prazo associados aos riscos destes empreendimentos;

- A falta de informações sobre a poluição difusa envolve a revisão das práticas de monitoramento no IGAM para atendimento destes objetivos por meio de programas específicos que monitorem a qualidade da água de acordo com a fonte difusa agrícola e urbana. Na área agrícola é importante traçar uma parceria com as entidades que atuam no apoio a produção rural.

### **5.5.3 Diagnóstico sobre qualidade da água**

Os impactos na qualidade da água ocorrem principalmente devido às áreas urbanas, como resultado do ciclo de contaminação das cidades por falta de tratamento de efluentes. Praticamente todas as áreas urbanas mostram qualidade da água ruim nos rios próximos da cidade.

A qualidade da água fora dos centros urbanos tende a mostrar qualidade da água com melhores níveis de enquadramento, mas não existe monitoramento que avalie a poluição difusa, típica de áreas rurais e mesmo a poluição difusa das cidades. Para isto, é necessário um programa de monitoramento diferenciado, baseado em amostras de bacias e locais que permitam identificar as concentrações no início dos eventos chuvosos, quando as concentrações são mais altas e, portanto, produzem impactos no rio.

Sobre as fontes de contaminações específicas, relacionadas com determinados tipos de poluentes, são necessários programas específicos.

Para atuar sobre a redução de cargas é necessário desenvolver os enquadramentos de forma efetiva nos Planos de Recursos Hídricos, de forma a produzir resultados que recuperem o rio e que sejam monitorados ao longo do tempo, dentro das ações das Agências e Comitê de bacias.

## **5.6 DESASTRES E SEGURANÇA DE OBRAS HIDRÁULICAS**

### **5.6.1 Tipos de obras hidráulicas**

Entende-se como desastre relacionado aos recursos hídricos, neste estudo, o resultante do colapso de obras hidráulicas. O principal conjunto de obras hidráulicas existente no Estado são as barragens que são usadas para: (a) reservação de água para usos como abastecimento de água para uso humano, animal, industrial, irrigação, hidrelétricas e navegação; (b) barragens utilizadas para armazenar resíduos da indústria ou da mineração.

No anexo C são apresentados os conceitos e os tipos de barragens sujeitas a desastres e o risco potencial.



## 5.6.2 Legislação e regulação

Em 2010, foi aprovada a legislação de Segurança Barragem. A legislação de segurança estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). A Política Nacional de Segurança de Barragens visa garantir a observância de padrões de segurança de barragens, de maneira a reduzir a possibilidade de acidentes e suas consequências, além de regulamentar as ações e padrões de segurança. A implementação dessa lei teve como objetivo incentivar a cultura de segurança de barragens e gestão de risco, estabelecer critérios técnicos para avaliação adequada e subsidiar o gerenciamento da segurança de barragens.

De acordo com essa lei, fica a cargo da Agência Nacional das Águas (ANA), organizar, implantar e gerir o SNISB; promover a articulação entre órgãos fiscalizadores de barragens; coordenar a elaboração e encaminhar o Relatório de Segurança de Barragens anualmente ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Este, por sua vez, deve encaminhar o relatório ao Congresso Nacional, após a apreciação.

Com a publicação da lei de segurança de barragens, houve uma mudança de paradigma, eliminando um vazio institucional e estabelecendo uma cadeia de responsabilidades relacionadas à segurança das barragens construídas no Brasil.

A lei esclareceu e reforçou a responsabilidade legal do empreendedor em manter as condições de segurança de sua barragem, bem como definiu o respectivo órgão fiscalizador, em função do uso que é dado ao barramento. Para barragens de:

- (a) *Geração de energia elétrica*, essa obrigação compete à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL);
- (b) Para acumulação de *rejeitos de mineração*, ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM);
- (c) Para barragens de resíduos industriais, ao órgão ambiental que as licenciou (federal, estadual ou mesmo municipal); e,
- (d) Para os demais usos, ao órgão que outorgou a construção do barramento, no caso a ANA, para obras em rios de domínio da União e os órgãos estaduais de recursos hídricos, para barragens em rios de domínio dos Estados.

A Legislação de Segurança de Barragem estabelece:

- Classificação dos reservatórios com base no risco, dano associado e volume dos reservatórios; e

- Planos preventivos para as barragens dentro de classificações com potenciais riscos

Estas informações são essenciais para analisar a segurança dos empreendimentos e classificar os que apresentam maior risco de impactos e aplicar metodologias que permitam a melhor identificação dos mesmos e mitigação dos efeitos.

### 5.6.3 Estruturas no Estado e riscos

O número de estruturas hidráulicas no Estado é muito grande. Os reservatórios no setor de mineração e industriais são 661, além disso, existem os reservatórios de uso para água de forma geral e de hidrelétricas em específico. A probabilidade de existirem anualmente desastres com estas obras é alto, mesmo que o risco de projeto seja pequeno. Na tabela abaixo, é apresentada a probabilidade de rompimento de pelo menos uma barragem por galgamento, de acordo com o número de barragens existente e a probabilidade de que todas estão projetadas para o risco de 10.000 anos.

Existe uma forte fragmentação institucional na gestão das barragens. Esta gestão ocorre pelo tipo de uso da barragem e não existe uma avaliação sinérgica do efeito das mesmas.

Tabela 28 - Estimativa da probabilidade de rompimento em um ano qualquer e em 10 anos de pelo menos uma barragem com base no total de barragens<sup>33</sup>

| <b>Número de barragens</b> | <b>Probabilidade de rompimento de uma barragem num ano qualquer (%)</b> | <b>Probabilidade de rompimento de uma barragem nos próximos 10 anos (%)</b> |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 10                         | 0,10                                                                    | 1,00                                                                        |
| 100                        | 1,00                                                                    | 9,52                                                                        |
| 150                        | 1,49                                                                    | 13,93                                                                       |
| 200                        | 1,98                                                                    | 18,13                                                                       |
| 250                        | 2,47                                                                    | 22,12                                                                       |
| 300                        | 2,96                                                                    | 25,92                                                                       |
| 400                        | 3,92                                                                    | 32,97                                                                       |
| 500                        | 4,88                                                                    | 39,35                                                                       |

<sup>33</sup> Para o risco de galgamento e para um vertedor projetado para 10.000 anos de tempo de recorrência.

#### 5.6.4 Diagnóstico sobre desastres

Os principais desafios e riscos da gestão de segurança de barragem são os seguintes;

- Cabe às entidades de regulação nos níveis estaduais e federal o acompanhamento do atendimento dos preceitos legais das barragens do Estado para reduzir o número de rompimentos e os prejuízos decorrentes;
- Este processo está bastante fragmentado com DNIT, ANA, ANEEL, IGAM, FEAM, em função da jurisdição e do tipo de barragem e uso dentro do cenário de gestão. Apesar de uma legislação unificada, pode a gestão fragmentada gerar diferentes tipos de ações que se diferenciam em termos de acompanhamento quanto ao atendimento dos Planos em seus termos de referência e resultados. Além disso, existem os impactos sinérgicos das barragens numa mesma bacia;
- Em função dos eventos recentes, como o de Mariana, uma das principais dificuldades reside na relação entre os proprietários das barragens e as comunidades a jusante dentro da preparação dos PAEs. Os PAEs tem sido realizado como um atendimento burocrático e se concentra nas ações preventivas da empresa e pouca interação existe entre estes Planos, Defesa Civil e sociedade na prevenção destes eventos.

### 5.7 ASPECTOS INSTITUCIONAIS

Nos aspectos institucionais, são analisados a seguir os aspectos de eventos críticos, que abordam os instrumentos legais e gestão. No segundo item, são abordados instrumentos de acompanhamento dos indicadores que é o monitoramento, Plano de Bacia, que é o instrumento de gestão distribuída e a capacitação que trata das condições de qualificação pessoal para atingir as metas.

#### 5.7.1 Aspectos institucionais dos eventos críticos

No item 2.8, foi caracterizada a gestão dos recursos hídricos e a inserção da atuação sobre eventos críticos.

**Aspectos Legais** - Foram identificados os seguintes aspectos legais que envolvem os eventos críticos:

- O instrumento legal, que é a Lei de Recursos Hídricos, aborda os eventos críticos no seu objetivo, mas não se instrumentaliza para atuar sobre este objetivo. De outro lado, isto não significa que não devem ser abordados

pela gestão ou pelos seus instrumentos, como os Planos Estaduais e o Plano de Bacia Hidrográfica. No entanto, não tem sido abordado pela gestão de recursos hídricos;

- Este estudo traça uma estratégia sobre eventos críticos, podendo ser considerado uma complementação ao Plano Estadual de Recursos Hídricos neste conteúdo;
- Os Planos de Bacia Hidrográfica não têm abordado estes os eventos críticos. Portanto, faz-se necessário modificar os termos de referência dos Planos de Bacia para que abordem a gestão de eventos críticos dentro de seus objetivos e resultados;
- Quanto a legislação de segurança de barragem, observa-se que o processo está em andamento e se faz necessário o desenvolvimento de regulação específica estadual sobre a implementação dos objetivos da segurança hídrica no plano estadual quanto a obediência de seus instrumentos, prazo, cadastro e inspeção que ficam dentro do âmbito do Estado;
- O zoneamento de inundação incorporado ao Plano Diretor Urbano das cidades é o instrumento apropriado para regular a ocupação do espaço de risco. Isto não é observado nas cidades de Minas Gerais. Da mesma forma, é necessária a regulação de novas construções nas cidades para evitar a transferência de impactos na drenagem urbana das cidades. Este instrumento, que existe em várias cidades do mundo e algumas do Brasil, ainda não existe em Minas Gerais;

**Aspectos e Gestão** - A estrutura de gestão do Estado necessita de revisão para atendimento da gestão dos eventos críticos:

- No que se refere à segurança de barragem, existe uma fragmentação importante entre os diferentes agentes que atuam na gestão prevista na lei. Seria importante que houvesse um processo de consulta entre as entidades para uniformizar procedimentos, prazos e acompanhamentos;
- O sistema de gestão deverá se adaptar para considerar a ação dentro dos Planos de Bacia para incorporar os instrumentos de gestão que são propostos nesta estratégia;
- No âmbito da qualidade da água, é necessário desenvolver uma estratégia estadual para atingir metas de longo prazo quanto à cobertura de saneamento e melhoria de qualidade da água dos rios. Este processo deve ser incorporado dentro dos Planos de Bacias que devem ter indicadores e metas, com relatório anual estadual da busca de obter estes resultados;

- A gestão da bacia hidrográfica é realizada pelo Plano de Bacia Hidrográfica e a gestão das águas na cidade é realizado pelo Plano de Saneamento Básico (ver anexo E). Estes instrumentos não estão sendo integrados na gestão dos recursos hídricos, atuando sobre as inundações ribeirinhas e de drenagem urbana e sobre o enquadramento (qualidade da água dos rios). As metas do saneamento básico devem atender o enquadramento e o Plano de Inundação e Drenagem Urbana por meio de metas definidas. Isto não está ocorrendo dentro do Planejamento de Bacias e dos Planos de Saneamento. Não se observa nenhum tipo de integração entre estes instrumentos, previstos pela Lei de Recursos Hídricos e de Saneamento.

### **5.7.2 Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas**

Como foi mencionado acima, os Planos de Recursos Hídricos necessitam de uma revisão nos seus termos de referência para desenvolverem resultados alinhados com o seguinte:

- Nos Planos, não existe uma avaliação das condições críticas de emergência relacionada a disponibilidade hídrica. Os Planos de Bacia necessitam de atualização nos termos de referência para avaliar condições críticas na relação disponibilidade x demanda;
- Para atendimento dos eventos críticos de disponibilidade hídrica relacionado com a qualidade da água é necessário desenvolver o Plano de Despoluição das bacias. O instrumento do enquadramento (Plano de Despoluição) dos rios deve buscar melhorar a qualidade da água dos trechos dos rios. Neste sentido, é necessário que o estado de Minas Gerais desenvolva metas de curto, médio e longo prazo para a cobertura de saneamento e da qualidade da água dos rios, acordado com o Setor de Saneamento por meio de um Plano de Saneamento. Para estes elementos são definidas metas, parâmetros de acompanhamento que farão parte de relatórios anuais de acompanhamento;
- Atualmente as condições de inundações nas cidades não são tratadas nos Planos de Bacia Hidrográfica. Para alterar estas condições, é necessário alterar os termos de referência das bacias hidrográficas para considerar as medidas que são apresentados no capítulo seguinte e desenvolvimento de suas metas;
- A gestão e a estrutura de funcionamento do IGAM necessitam de revisão para melhor atenderem seus objetivos, trazendo novas práticas de gestão e valorização de sua equipe e práticas que evitem corporativismo técnico e funcional.

### 5.7.3 Monitoramento

O setor de monitoramento de dados hidrológicos atua na obtenção de dados hidrológicos, como foi caracterizado no capítulo 2.

O monitoramento atual apresenta uma razoável cobertura de informações no Estado, um dos poucos Estados que possui uma estrutura de monitoramento própria e ampla no Brasil. No entanto, observam-se os seguintes aspectos que necessitam ser melhorados:

- O monitoramento hidrológico deve ser revisado em conjunto, com base no seguinte: (a) avaliação da limitação de cobertura de dados hidrológicos de pequenas bacias para gestão da oferta; (b) identificação de locais de interesse para eventos críticos de secas e inundações; (c) revisão das práticas e funções da equipe que atua no monitoramento para integrar trabalho de campo e de escritório. Atualmente este serviço é realizado por equipes distintas;
- O monitoramento hidrológico e de qualidade da água são realizados por equipes diferentes e representam divisões diferentes. Isto não é produtivo e não permite integração de informações;
- O monitoramento de qualidade da água não associa a qualidade da água a vazão dos rios, o que limita muito a avaliação das condições de qualidade. São necessárias mudanças de práticas e melhor entendimento das fontes de poluição e sua relação com os resultados do monitoramento;
- Também não existe monitoramento sobre a carga difusa de poluição do Estado (e mesmo no Brasil como um todo). Isto limita avaliação da poluição de fontes difusas.

### 5.7.4 Capacitação

Um dos pilares da gestão de recursos hídricos é a qualificação dos atores da gestão de recursos hídricos. Devido às características interdisciplinares na gestão de recursos hídricos, existe uma grande diversidade de formação do pessoal que atua na gestão de recursos hídricos.

A capacitação é uma das ações necessárias para dar qualidade a gestão ao longo do tempo. Os principais aspectos identificados sobre a qualificação do pessoal que atua na gestão são:

- Existem várias formações de pessoal atuando em Recursos Hídricos e, todas, de alguma forma, possuem limitações de conhecimento sobre o universo de conhecimento necessário à gestão de recursos hídricos, já que nas graduações este conteúdo é pouco coberto e não pode se

esperar que todos profissionais que atuam na área tenham formação de pós-graduação;

- Existem poucos cursos voltados à complementação deste conhecimento que atendam às demandas da gestão de recursos hídricos em nível de bacia hidrográfica e principalmente em nível de município. Torna-se necessário um programa de capacitação voltado para as funções esperadas nos diferentes aspectos da gestão para profissionais que atuam tanto em nível de gestão de Estado como dos municípios;
- O comitê de bacia é formado por representantes de diferentes instituições e toma decisão sobre conteúdo de recursos hídricos. Não se pode esperar que estes representantes tenham conhecimento técnico para a tomada de decisão, mas devem ter conhecimento suficiente para entender as implicações que estas decisões devem ter sobre a realidade de recursos hídricos na bacia. Portanto, a qualificação dos membros dos comitês com um programa de conhecimento de decisões em comitê de bacias é essencial para dar sustentabilidade às decisões e os resultados da gestão.

### **5.7.5 Diagnóstico**

Uma condição necessária para a gestão sustentável de recursos hídricos ao longo do tempo é uma institucionalidade construída com base em elementos legais equilibrados e de gestores qualificados, como funcionários de Estado. Os principais aspectos identificados neste diagnóstico são os seguintes:

- Não existe uma gestão integrada para redução dos impactos devido a eventos críticos: inundação, disponibilidade hídrica, qualidade da água e desastres de obras hidráulicas, no Brasil e no estado de Minas Gerais. Existem medidas fragmentadas e distribuídas por várias instituições sem integração, objetivos ou metas e recursos definidos;
- O sistema de monitoramento hidrológico e alerta tem um esforço importante no Estado de Minas Gerais, mas necessita de uma reestruturação para atender todos os elementos da gestão de eventos críticos;
- O IGAM e outro órgão que atua na gestão de Recursos Hídricos e Meio Ambiente necessitam de profissionais qualificados, da mesma forma que os atores dos comitês de bacia. Observa-se que a qualificação técnica é limitada e necessita de um programa de qualificação, principalmente no que se refere aos eventos críticos.

## 6. ESTRATÉGIA

A estratégia da segurança hídrica proposta neste estudo, integra os diferentes aspectos relacionados com eventos críticos, aspectos institucionais e econômicos e financeiros. No capítulo seguinte, é apresentado o Plano de Ação, que distribui no tempo as atividades previstas para implementar a estratégia.

Neste capítulo a seguir, é apresentada a estrutura da estratégia, com os seus diferentes componentes e nos itens seguintes são definidos os objetivos e justificativa de cada componente e as atividades previstas para desenvolvimento da estratégia com seus elementos básicos.

### 6.1 ESTRUTURA DA SEGURANÇA HÍDRICA

A estrutura planejada para este projeto é baseada em quatro grandes grupos de ações, como apresentado na figura 35. Nesta estrutura os componentes mencionados tratam do seguinte: estruturação institucional do órgão estadual e de legislação de apoio, mecanismos de apoio para desenvolvimento do programa, o três programas básicos de ações e o plano de ação para atuação no tempo e obtenção de resultados dentro de metas mensuráveis.

Os componentes descritos na figura 35 são descritos de forma resumida a seguir e detalhados nos itens que seguem neste capítulo, com exceção do Plano de Ação que é apresentado no capítulo seguinte:

- A. ESTRUTURA INSTITUCIONAL:** este componente da estratégia envolve atualizar institucionalmente o Estado para viabilizar as ações dentro da estratégia de Segurança Hídrica. São ações legais que atuam no sentido de estabelecimento de regramento para as ações e revisão de gestão do IGAM para atuar sobre os aspectos previstos na Estratégia;
- B. AÇÕES DE APOIO:** são atividades que estruturam uma base de apoio para todos os programas dentro do seguinte: apoio técnico para desenvolvimento dos programas e assessoramento dos municípios, identificação dos mecanismos econômicos, capacitação, ciência e tecnologia e monitoramento e previsão de variáveis climáticas e hidrológicas e orientação dos Planos de Bacia Hidrográfica sobre Segurança Hídrica. Estas ações procuram dar economia de escala para as atividades pelo Estado.
- C. PROGRAMAS** que atuam nos focos principais da segurança hídrica relacionados com os eventos extremos que são: inundações, secas e estiagem, qualidade da água e operação de obras hidráulicas e segurança de barragem.



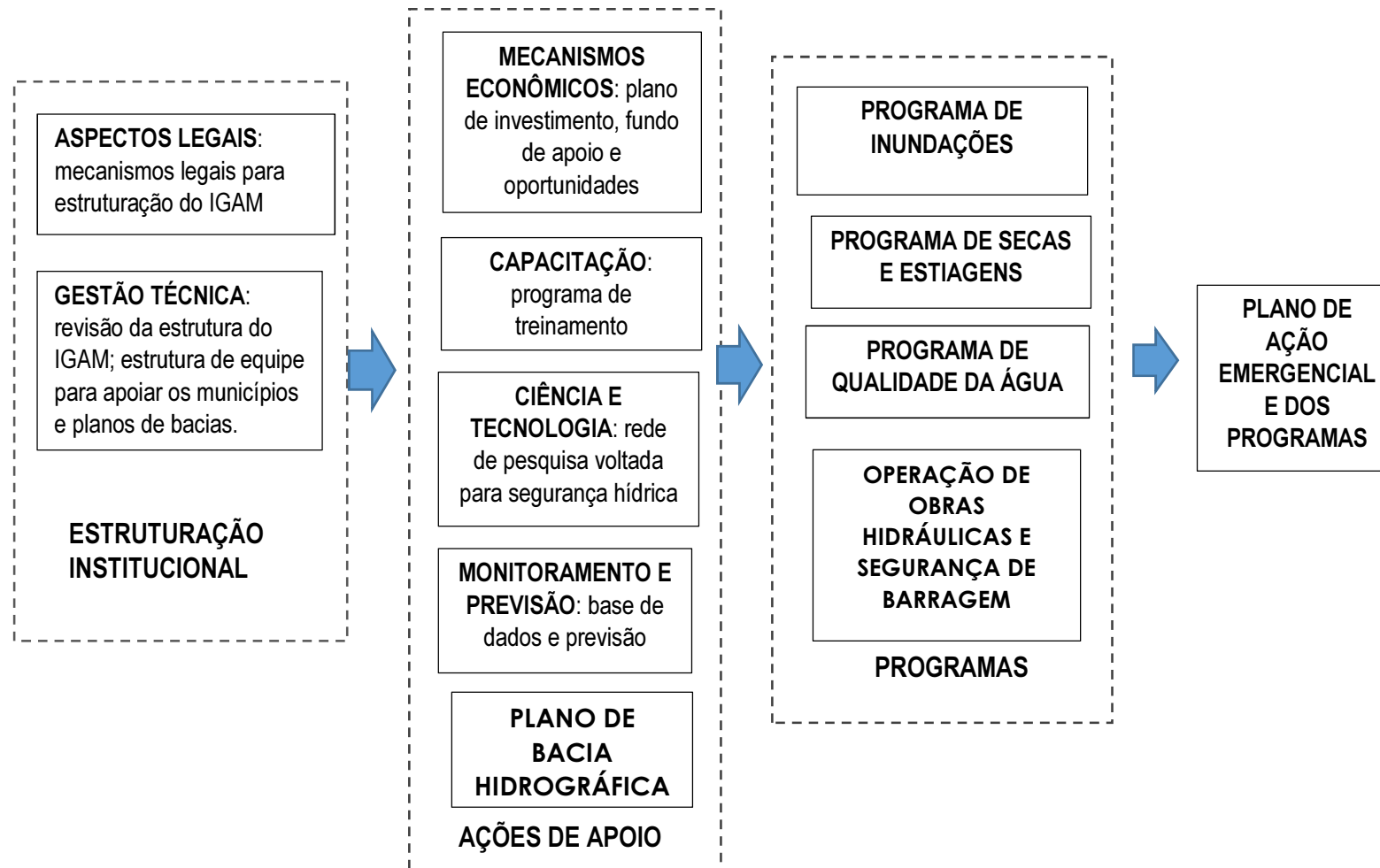


Figura 35: Estrutura da Estratégia de Segurança Hídrica para Minas Gerais

**PLANO DE AÇÃO:** planeja inicialmente medidas emergenciais para atuar sobre as condições críticas que não podem esperar e sobre os programas que atuam no tempo as ações previstas na estratégia para atuação em segurança hídrica.

## 6.2 ESTRUTURAÇÃO INSTITUCIONAL

A estruturação institucional possui dois componentes: **Legal**, que trata de proposta de legislação e regulamentação das ações do IGAM no Estado em segurança hídrica; e **Gestão Técnica**, que trata de atualizar a organização do IGAM para atuar em segurança hídrica. No texto abaixo, é apresentado um termo de referência preliminar que deverá ser revisado quando da contratação. As estimativas de custos foram realizadas dentro do contexto dos termos de referência preliminar.

### 6.2.1 Gestão Técnica

A gestão trata das ações no sentido de fortalecer as entidades estaduais que vão atuar neste Plano. As opções são de formar um grupo de técnicos para atuar em segurança hídrica com origem nas principais secretarias. Este componente envolve a revisão da estrutura das entidades para atender principalmente aos aspectos de apoio e aos programas previstos pelo Estado e medidas de apoio aos:

- (a) Comitês de Bacia nos Planos de Bacia; e
- (b) Municípios, no sentido de atuar dentro da gestão da segurança hídrica.

#### A1 – Restruturação das entidades

**O problema:** a gestão de recursos hídricos é um processo distribuído dentro do Estado, tanto nas bacias hidrográficas como nos municípios que representam a gestão local. No entanto, dificilmente o comitê e a agência deverão ter pessoal com conhecimento em todas as áreas de recursos hídricos e, em específico em segurança hídrica.

A gestão de recursos hídricos e, em especial em segurança hídrica, necessita de profissionais treinados e qualificados para atuar neste conteúdo. Atualmente a equipe do IGAM e de outras entidades estaduais possuem limitado conhecimento em aspectos de hidrologia de extremos, necessário ao desenvolvimento das estratégias em recursos hídricos.

Para atuar nesta área, é necessário estabelecer um grupo técnico com conhecimento no assunto que possa apoiar os comitês de bacia e os municípios.

**Medidas:** considerando a economia de escala do Estado e a ação distribuída, é necessário que dentro do Estado exista uma equipe mínima de pessoal

especializado para dar apoio aos municípios e desenvolver documentos padrões que permitam o desenvolvimento dos programas de forma qualificada e sustentável.

As ações envolvem: (a) revisão das estruturas das entidades para atuar em segurança hídrica; (b) identificar as qualificações técnicas necessárias para equipe; (c) recrutamento da equipe e/ou treinamento de equipe existente; (d) planejamento de treinamento específico sobre os vários conteúdos; (d) desenvolvimento do programa de segurança hídrica e treinamento em projetos da equipe; (e) estabelecer um mecanismo de articulação entre outras entidades do Estado que devem atuar neste programa.

Deve-se dimensionar esta equipe em número de profissionais e de qualificação técnica para atuar sobre o seguinte:

- Preparação de documentos padrões para atuar em saneamento básico, nas suas diferentes áreas; e hidrologia de eventos extremos;
- Orientar os técnicos dos comitês e municípios na contratação de serviços e avaliação de resultados;
- Desenvolver os programas dentro do contexto do IGAM, avaliando seus resultados e metas.

**Resultados:** os resultados esperados são a formação de uma equipe para atuar os tópicos de segurança hídrica e dentro da estrutura do Estado; implementação dentro da estrutura do estado a equipe técnica; sua capacitação e definição das suas ações, objetivos e metas a serem obtidas ao longo do tempo.

**Estimativa de prazo:** dois anos

**Responsável:** IGAM, Casa Civil, SEPLAG

**Estimativa de custo:** orçamento de custeio das entidades do Estado

### **6.2.2 Ações legais**

As ações legais tratam de revisar e apresentar regulações que apoiem as ações do IGAM. Ação principal é a revisão do funcionamento do IGAM.

#### **A2 – Revisão da regulação de funcionamento do grupo técnico**

**O problema:** em face da reestruturação do Estado para atender os programas previstos nesta estratégia, são necessárias medidas de regulação para funcionamento da entidade.

**Medidas:** as atividades previstas neste item envolvem revisar os aspectos relacionados com as atribuições de funcionamento do Estado,

estabelecimento de minutas de funcionamento e outras medidas legais necessárias.

As atividades previstas são:

- (a) Avaliar o funcionamento atual e os aspectos legais de funcionamento;
- (b) Identificar lacunas para funcionamento em função dos objetivos e metas da entidade;
- (c) Proposta de regulações e/ou legislações ou manuais para aprimorar este funcionamento

**Prazo:** 2 anos

**Responsável:** IGAM, Casa Civil, SEPLAG e Conselho Estadual de Recursos Hídricos

**Custo:** orçamento de custeio do IGAM

### 6.3 AÇÕES DE APOIO

As ações de apoio são definidas aqui como as medidas dentro do IGAM para apoio, que atuam em todos os programas.

Estas ações envolvem: (a) *mecanismos econômicos e financeiros*: são ações de identificação de oportunidades de financiamento dos programas; (b) *Capacitação* é o programa de capacitação dentro da âmbito da segurança hídricos em todos os níveis; (c) *Ciência e Tecnologia* são programas de pesquisas que apoiem o desenvolvimento da gestão da segurança hídrica; (d) *monitoramento e previsão* envolve a revisão do monitoramento de dados e previsão, visando a segurança hídrica (e) *orientação dos Planos de Bacia Hidrográfica* quanto a eventos extremos.

#### 6.3.1 Mecanismos econômicos

##### B1 Bases econômicas e financeiras

**O problema:** os recursos econômicos são escassos tanto para os comitês de bacia como para os municípios no desenvolvimento de suas atividades. O próprio sistema de recursos hídricos possui poucos recursos para atender seus objetivos. Além disso, existe pouco conhecimento sobre a avaliação econômica das medidas necessárias à segurança hídrica.

**Medidas:** as medidas envolverão (a) avaliação econômica e demanda para implementação dos programas de segurança hídrica; (b) desenvolvimento de manuais e padrões para avaliação econômica dos projetos relacionados à segurança hídrica; (c) manuais e orientação sobre as oportunidades de recursos e sua solicitação para orientar os municípios e os comitês de bacias; (d) revisão e consolidação de Fundo de Recursos Hídricos e definição dos mecanismos de financiamento.

Dentro deste componente deve-se procurar buscar consolidar um Fundo de Investimento para os programas, que pode ser composto por recursos existentes, como o que o Estado recebe pela compensação de inundação pelos reservatórios de energia e também a proposta de fundos relacionados com recursos hídricos relacionados dos serviços de saneamento.

**Resultados:** com base nestes resultados, será possível apoiar os municípios e os comitês de bacia na implementação da estratégia prevista nesta Estratégia de Segurança Hídrica para o Estado.

**Estimativa de custo:** parte desta atividade pode ser desenvolvida pela equipe do IGAM e parte pode ser contratada por estudos específicos.

**Prazo:** 2 anos

**Responsável:** IGAM, Casa Civil, SEPLAG e Conselho Estadual de Recursos Hídricos

**Custo:** orçamento de custeio do IGAM e consultoria estimada em R\$ 245.000,00

### 6.3.2 Capacitação

#### B2 Capacitação

**O problema:** o número de atores que atuam em recursos hídricos é bastante diverso e com limitada capacidade técnica. Estas condições fazem com que as decisões tomadas não ocorram com o melhor conhecimento existente sobre o assunto. Também, devido às características interdisciplinares de recursos hídricos, observa-se conhecimento limitado em vários atores.

**Medidas:** os objetivos do programa de capacitação são os seguintes:

- Formar profissionais para a fiscalização dos Planos de Segurança Hídrica e a execução dos mesmos;
- Profissionais para atuarem nas empresas para o desenvolvimento dos projetos e a implementação das obras;
- Atualizar os decisores que, de alguma forma, atuam em recursos hídricos e estão sujeitos a eventos extremos.
- Preparar membros da sociedade para participar em comitê de bacia, órgãos e conselhos dos consórcios sobre a gestão dos recursos hídricos, saneamento básico e segurança hídrica.

A capacitação possui várias linhas para atender os programas:

- Capacitação técnica da equipe do IGAM e de outras entidades estaduais para atuar dentro do espaço do Estado;
- Capacitação de profissionais dos municípios para que possam desenvolver a gestão municipal de recursos hídricos e segurança hídrica;

- Capacitação da sociedade civil e membros representativos para entender os componentes técnicos do programa, que deem suporte as decisões.

Na tabela abaixo são apresentadas as capacitações recomendadas.

Tabela 29 - Caracterização dos cursos de capacitação.

| Nome                | Caracterização                                                                                                                                                                                                                       | Público Alvo                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Decisores</b>    | Conceitos de hidrologia, usos da água e gestão dos recursos hídricos. Inserção da segurança hídrica na gestão. Estratégias para gestão de inundação, disponibilidade hídrica e qualidade da água como resultado de eventos extremos. | Profissionais de diferentes formações que, de alguma forma, atuam na estrutura urbana como urbanistas, administradores, arquitetos e projetistas de obras de qualquer natureza em áreas urbanas, ambientalistas. |
| <b>Gestores</b>     | Gestão da bacia hidrográfica; gestão do uso do solo urbano; gestão de saneamento básico e meio ambiente; gestão eventos críticos.                                                                                                    | Gestores de água em nível estadual e municipal que têm as funções de fiscalização, avaliação e solicitação da outorga a nível estadual e federal.                                                                |
| <b>População</b>    | Noções gerais sobre o desenvolvimento das cidades e sua infraestrutura de água, características e indicadores do saneamento ambiental e do meio ambiente urbano e das bacias hidrográficas; gestão de risco de eventos críticos.     | Participante de comitê de bacia, representante municipal, membros de ONG e população em geral.                                                                                                                   |
| <b>Profissional</b> | Conceitos hidrológicos, avaliação de eventos críticos de inundações; disponibilidade hídrica e qualidade da água; medidas de controle e gestão no âmbito da bacia hidrográfica e das cidades.                                        | Profissionais especializados nas áreas técnicas com atribuição profissional.                                                                                                                                     |

**Produto:** deve-se desenvolver um programa de treinamento preferencialmente com o apoio de universidades regionais, que podem criar programas associados a esta estratégia estadual. Desta forma, é possível o treinamento no currículo permanente destas instituições.

**Atividade a ser financiada:** este programa deve ter um caráter permanente e pode ser desenvolvido em parceria com uma ou mais universidades. Inicialmente, com uma universidade que forme professores e, no segundo estágio, com universidades regionais que façam o treinamento em nível regional.

A estimativa de custo prevista envolve um programa anual de treinamento com os seguintes cursos:

- (a) **Decisores:** desenvolver uma apresentação para ser apresentada e discutida em meio dia. Este tipo de apresentação deve ser utilizado

para chamar a atenção dos decisores sobre o assunto e deve ser replicada nos comitês de bacia e nas cidades, além de políticos em nível estadual;

**(b) Gestores:** desenvolver curso de 2 dias, com 16 horas, para gestores de diferentes segmentos que devem atuar na área. Ver especificação na tabela 29;

**(c) Profissional:** conteúdo técnico com pelo menos 80 horas de aulas sobre os conteúdos técnicos específicos.

Estima-se que o programa funcionará por cinco anos. Após este período entende-se que as equipes estão treinadas e o conteúdo faça parte do currículo das universidades.

**Responsável:** IGAM

**Prazo:** 5 anos

**Estimativa de custo:** o custo de preparação dos cursos e apresentação foi estimado para o primeiro ano em R\$ 350.000,00 e R\$ 200.000/ano nos demais anos.

### 6.3.3 Ciência e Tecnologia

#### B3. Desenvolvimento de Ciência e Tecnologia

**O problema:** existem aspectos relacionados com a segurança hídrica que necessitam de desenvolvimento científico e tecnológico para se obter os melhores resultados para o contexto e a realidade do Estado.

Existe uma demanda para que pesquisadores dos diferentes setores de recursos hídricos e saneamento ambiental trabalhem de forma integrada na pesquisa. Isto infelizmente não está acontecendo no Brasil. Existe a oportunidade de propor às entidades de pesquisa uma rede com esta finalidade tendo como objetivos buscar o desenvolvimento tecnológico que apoie este programa. As redes atuais formam grupos dentro dos setores do saneamento, o que é totalmente inadequado por formar corporativismo disciplinar e não integrar o desenvolvimento as reais necessidades da gestão integrada urbana. Portanto, é essencial evitar a fragmentação da rede.

**Medidas:** em associação com a Fundação de Pesquisa do Estado pode-se desenvolver um programa de pesquisa voltado para segurança hídrica e utilizar os mecanismos existentes em nível estadual e federal para lançar um edital para formação de uma rede de pesquisa voltada para os desafios relacionados com segurança hídrica do Estado. Estes mecanismos possuem financiamento para estes programas de interesse da sociedade.

Esta atividade envolve o seguinte:

- Identificação dos mecanismos de financiamento e implementação de uma rede de pesquisa em conjunto com a entidade de Fomento de Pesquisa do Estado;
- Preparação de um edital para formação de rede de pesquisa em segurança hídrica. Nesta preparação deverão ser identificados os principais temas que farão parte das linhas principais de pesquisa, associada a esta estratégia;
- Seleção dos grupos de pesquisas e implementação da rede de pesquisa
- Neste processo devem ser previstos: interação com a realidade dos municípios e comitês de bacia. Para tanto, recomenda-se que pelo menos uma vez por ano seja realizado um workshop integrando os agentes de recursos hídricos (comitês e municípios) com a rede de pesquisa;

**Produto:** o resultado esperado é o desenvolvimento científico e tecnológico voltado para os problemas de segurança hídrica.

**Responsável:** FAPEMIG

**Prazo:** contínuo

**Estimativa de custo:** atualmente existem recursos que necessitam ser resgatados junto a Fundos de Investimentos em Pesquisa em nível federal e estadual. Neste sentido, deve-se buscar recursos para lançar um edital de pesquisa.

### 6.3.4 Monitoramento e previsão

#### B4. Monitoramento

**O problema:** o monitoramento atual do IGAM é bastante abrangente, mas apresenta algumas limitações quanto ao atendimento das metas específicas dos programas relacionados com segurança hídrica. Os principais aspectos que necessitam aprimoramento estão relacionados à identificação dos locais de interesse de risco de eventos extremos, à falta de monitoramento de poluição difusão e da consideração da carga na avaliação da qualidade da água.

**Medidas:** este componente tem o objetivo de revisar o monitoramento atual e preparar seu aprimoramento para melhor atender as necessidades deste programa quanto a informações *do monitoramento tradicional* e em tempo real.

Esta atividade envolve o seguinte:

- **Programa de monitoramento de poluição difusa:** a poluição difusa não é monitorada atualmente no país e no Estado. Da mesma forma, não existe regulação sobre o assunto. Esta atividade envolve o



desenvolvimento de um programa amostral de bacias piloto representativa para monitoramento da poluição difusa;

- **Revisão da rede de monitoramento:** revisar as práticas atuais de coleta e monitoramento de quantidade e qualidade da água; identificar os locais críticos para avaliação de eventos extremos e gestão da segurança hídrica;

**Produtos:** os produtos desta ação modernizariam toda a gestão de recursos hídricos do Estado com base num conhecimento em tempo real da disponibilidade, uso da água e dos potenciais eventos críticos, além de eficiência nas decisões.

**Prazo:** 5 anos

**Responsável:** IGAM

**Estimativa de custo:** orçamento do IGAM para atividades dentro do IGAM. Esta atividade deve iniciar com planejamento do incremento do monitoramento e a implementação da rede de coleta de dados de poluição difusa. O orçamento do primeiro ano é de R\$ 500.000,00 e nos anos seguintes deve-se prever um adicional de R\$ 3 milhões.

### **B.5 Previsão climática e hidrológica**

**O problema:** o monitoramento existente possui uma rede tradicional hidrometeorológica e rede telemétrica que permite o conhecimento do estado do sistema em tempo real. Atualmente o IGAM tem condições de fazer previsões meteorológicas, mas o sistema não possui um sistema de previsão de vazão, que permite se antecipar aos cenários de ocorrências de eventos extremos.

**Medidas:** este componente trata do desenvolvimento de um sistema de previsão para apoio a gestão de recursos hídricos. Este sistema tem a finalidade de obter previsão climática e hidrológica em tempo real. Esta atividade deve desenvolver um sistema integrado de previsão de vazão para os locais de interesse integrado a previsão climática e a base de telemetria.

As atividades previstas são as seguintes:

- Identificação dos locais de interesse para previsão contínua de vazão e de precipitação. A qualidade da água será implementada nas etapas futura do sistema de previsão;
- Revisão do sistema telemétrico para previsão em tempo real e proposta de atualização da rede;
- Desenvolvimento de um sistema de previsão em tempo real de precipitação com base em modelos climáticos e meteorológicos

e a previsão de vazão por um modelo hidrológico precipitação – vazão para os locais de interesse;

- Implementação da atualização do sistema telemétrico e do sistema operacionalmente (softwares integrados) e treinamento da equipe do IGAM para operar o sistema ao longo do tempo.

**Produto:** sistema de previsão de precipitação e vazão em tempo real no Estado de Minas Gerais. Este sistema terá capacidade de prever as variáveis de interesse nos locais de risco com antecedência da ordem de 7 a 10 dias.

**Prazo:** 3 anos

**Responsável:** IGAM

**Estimativa de custo:** desenvolvimento do sistema de previsão com investimento de R\$ 1 milhão para o primeiro ano e R\$ 500 mil para mais 2 anos para aprimoramento e complementação da rede. Adicionalmente foi previsto R\$ 2,0 milhões para aumentar a telemetria da rede para complementar o sistema de previsão.

## **B.6 Planos de Bacia de Hidrográfica**

**O problema:** atualmente os Planos de Bacia Hidrográfica desenvolvidos em Minas Gerais, nos seus termos de referência, não especificam atividades relacionadas com os eventos extremos (segurança hídrica). A Lei de Recursos Hídricos 9433, de 1997, define como um dos objetivos a gestão de eventos extremos, mas não especifica no Plano de Recursos Hídricos atividades para atender este objetivo. De outro lado, as definições dos Planos estabelecem na legislação como conteúdo mínimo, permitindo a ampliação de atividades para atender o objetivo.

**Medida:** desenvolvimento de um novo termo de referência para elaboração do Planos de Bacia Hidrográfica para ser utilizado no Estado de Minas Gerais para os futuros Planos e na revisão futura dos existentes. Este termo de referência deve considerar as atividades da gestão de eventos extremos e segurança hídrica.

Os eventos extremos considerados se referem ao seguinte: inundações urbanas e rurais, disponibilidade hídrica, qualidade da água e desastres de obras hidráulicas. A abordagem destes conteúdos deve avaliar a vulnerabilidade da bacia a estes eventos em nível de projeto e em nível de risco dos projetos<sup>34</sup>.

As atividades são: (a) revisão dos TRs atuais; (b) revisão do TR com relação as atividades atuais e inclusão da segurança hídrica; (c) validação do TR junto

---

<sup>34</sup> Como definido neste estudo sobre segurança hídrica

ao IGAM e no Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Esta atividade pode ser desenvolvida dentro do IGAM ou contratada.

**Produto:** planos de bacia que incorporem a concepção de medidas de controle e gestão de eventos extremos e segurança hídrica na bacia hidrográfica.

**Prazo:** 1 ano

**Responsável:** IGAM

**Estimativa de Custo:** O prazo esperado é de 6 meses e custo de R\$ 45.000,00.

## 6.4 PROGRAMAS

Os programas são ações efetivas sobre as questões relacionadas com a segurança hídrica identificada neste documento, ou seja, eventos críticos que ameaçam a sociedade e o meio ambiente que são (figura 35):

- Inundações (item 6.4.1);
- Secas e estiagens e atendimento da disponibilidade (item 6.4.2)
- Qualidade da água (item 6.4.3);
- Gestão de obras hidráulicas (item 6.4.4).

Nos itens seguintes, são apresentados a identificação dos problemas, o objetivo do programa e sua justificativa e as ações relacionadas. Algumas destas atividades podem ser agregadas entre si em função de setores de interesse. Isto dependerá dos recursos disponíveis e da capacidade interna do IGAM de desenvolver algumas das atividades.

### 6.4.1 Inundações

#### IMPACTOS

Os impactos das águas pluviais podem ser analisados dentro dos seguintes contextos espaciais diferentes:

- **Impactos que extrapolam o município,** ampliando as enchentes e contaminando a rede de rios para jusante, denominado *de impacto da enchente e poluição difusa nos rios* que atravessam as cidades. Este tipo de impacto é a resultante das ações dentro da cidade, que são transferidas para o restante da bacia;
- **Impactos de inundação ribeirinha:** são inundações produzidas por rios médios e grandes que atravessam as cidades no qual a gestão é realizada tanto com medidas locais (as medidas locais fazem parte do Plano de Saneamento da cidade) como medidas na bacia hidrográfica de gestão estadual ou federal, que fazem parte do Plano de Bacia Hidrográfica;

- **Impactos dentro das cidades:** estes impactos são disseminados dentro da cidade, que atingem a sua própria população devido à drenagem urbana. O controle neste caso é estabelecido através de medidas desenvolvidas dentro do município através de legislação municipal e ações estruturais específicas. Estas medidas estão dentro do âmbito do Plano de Saneamento da cidade que tem como gestor o município.

## OBJETIVO E PRINCÍPIOS

O **objetivo**<sup>35</sup> deste programa é de desenvolver ações para reduzir a vulnerabilidade<sup>36</sup> da população e do meio ambiente às inundações dentro de um horizonte de planejamento.

Para atingir este objetivo foram previstas medidas integradas de gestão visando a minimização dos impactos de inundação no estado de Minas Gerais. Os impactos são de ordem social, ambiental e econômica.

Os **princípios** básicos desta estratégia são os seguintes:

- Prioridade para as ações não-estruturais preventivas de redução dos impactos de inundação, como zoneamento de inundações, alerta de cheia e regulação para o uso do solo urbano;
- O Plano de Ações das medidas estruturais deve ser realizado por bacias dentro das cidades (Plano de Drenagem) ou dentro dos Planos de Bacia que englobam mais de um município;
- Os estudos de alternativas de controle estruturais devem se basear preferencialmente na análise benefício/custo dos investimentos. Outros indicadores de escolhas, como sociais e ambientais, podem ser utilizados, desde que suficientemente justificados.

## INSTRUMENTOS DE GESTÃO EXISTENTES

Existem dois instrumentos básicos na legislação para gestão de águas nos seus diferentes níveis: Plano de Bacia Hidrográfica e o Plano de Drenagem Urbana, que faz parte dos serviços de saneamento básico.

No âmbito das cidades existem os planos diretores urbanos, planos setoriais de energia, transporte, comunicação, entre outros, que interagem com os Planos relacionados com recursos hídricos.

**Plano de Bacia Hidrográfica:** O Plano está previsto na legislação de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433, de 1997). Este instrumento prevê a gestão da outorga dos recursos hídricos e o enquadramento dos rios.

---

<sup>35</sup> Não existe risco nulo para inundação, mas é possível reduzir este risco a níveis em que a população e o ambiente podem suportar ou conviver;

<sup>36</sup> Vulnerabilidade é incapacidade da população ou do ambiente de retornar as condições prévias ao evento de inundação.

Apesar da referida legislação definir entre os objetivos o seguinte “a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais”, no conteúdo mínimo do Plano não existe medida de controle destes impactos. Portanto, é necessário atualizar os termos de referência dos Planos de Recursos Hídricos para incorporar medidas de gestão da vulnerabilidade a eventos extremos.

Os instrumentos atualmente desenvolvidos nos planos e previstos na legislação são:

*Outorga*: no componente de outorga estão previstos os usos da água e o aumento para jusante das vazões das cidades (artigo 12, que não está regulamentado). Normalmente este componente é analisado somente dentro das condições de estiagem quando existem limites à disponibilidade hídrica. Considerando o artigo 12, está previsto que a outorga deveria também analisar a alteração de quantidade seja para valores altos como baixo, mas isto não é tratado ou regulamentado.

*Enquadramento*<sup>37</sup>: o enquadramento é um plano de despoluição da bacia, baseado na resolução CONAMA 357/2005 que trata dos padrões de enquadramento dos rios e considera somente os condicionantes devido as cargas pontuais, pois as concentrações são determinadas a uma vazão de referência. Esta legislação não aborda na sua definição os condicionantes de fontes difusas, que é o caso da drenagem urbana<sup>38</sup>;

*Eventos críticos ou segurança hídrica*: não existem termos de referência que tratem dentro do Plano de Recursos Hídricos da gestão de eventos críticos das bacias hidrográficas.

**Plano de Saneamento/Plano de Águas Pluviais**: O Plano de Saneamento está previsto na lei de saneamento (lei nº 445, de 2007) no qual drenagem urbana é um dos serviços previstos. A legislação permite desenvolver o Plano de Drenagem independente dos outros serviços, mas é recomendável desenvolver a interface entre os outros serviços de saneamento.

As principais dificuldades identificadas no uso e implementação deste instrumento tem sido o seguinte:

- Não existe prestador de serviço em drenagem, devido à falta de recuperação de custo destes serviços. Geralmente são executados

---

<sup>37</sup> O enquadramento é uma meta e não uma situação atual da qualidade da água de um rio. Isto não tem sido entendido pelos órgãos ambientais que insistem e classificar os rios para o cenário atual

<sup>38 38</sup> A regulação não considera poluição difusa que ocorre principalmente nos períodos chuvosos devido à lavagem das superfícies rurais e urbanas, portanto geralmente não possuem uma relação com apenas uma vazão, mas ao hidrograma.

dentro dos impostos gerais da cidade e contam com algumas pessoas que são acionadas quando existem problemas de inundações. Isto não configura a prestação de serviço sobre o assunto;

- Os Planos são realizados junto com os demais, mas são incompletos e limitados, geralmente são realizados para cumprir a legislação, mas não atendem os interesses do município. Dificilmente o mesmo é implementado por falta de instituições que atuem na área;
- Quando existem Planos, geralmente são de obras, normalmente insustentáveis, de canalização que possuem custos da ordem de 600% superiores às soluções sustentáveis. Além disso, depois de construídas as obras, não há prestador de serviço para dar manutenção e as mesmas tendem a se deteriorar em pouco tempo.

Pode-se concluir que existem mecanismos legais para o desenvolvimento de ações, que necessitam aperfeiçoamento quanto ao seguinte:

- Ao conteúdo dos Planos e mecanismos de indução ao desenvolvimento da integração entre o Plano de Bacia e o Plano de Saneamento;
- A estrutura de gestão do Estado e das cidades para a implementação dos instrumentos legais previstos que levem a sustentabilidade da gestão das inundações.

## PROPOSTAS DE AÇÕES

A proposta de ações é formada principalmente pelos seguintes projetos que serão desenvolvidos de forma integrada entre si. A estrutura do programa é apresentada na figura 30.

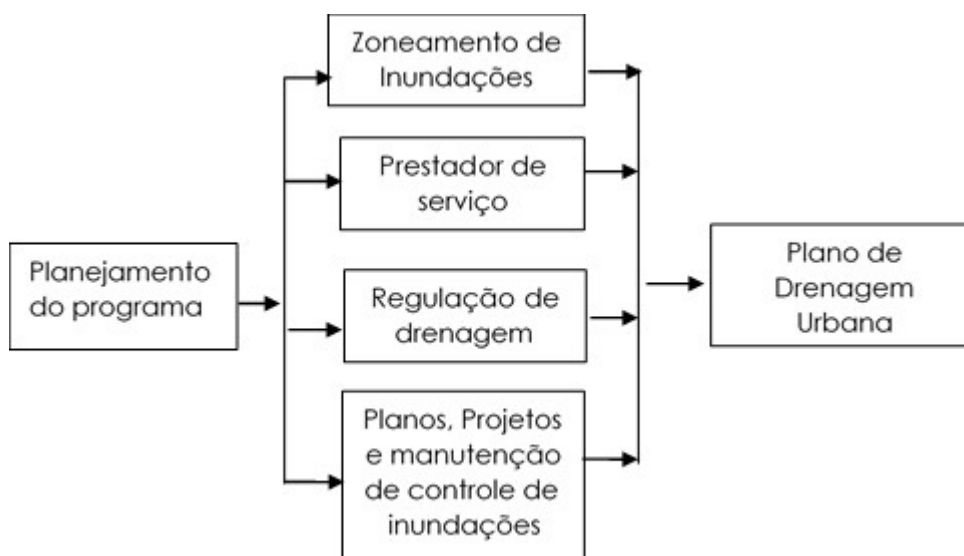


Figura 36: Estrutura do Programa de Inundações.

1. Planejamento do Programa: organiza os aspectos institucionais da gestão do programa, indução das cidades ao programa, desenvolve produtos esperados, indicadores e metas para serem atingidas em nível estadual, mecanismos econômicos e financeiros.
2. Zoneamento de inundações: desenvolvimento de metodologia para preparação de zoneamento de inundações nas cidades e que será realizado por meio dos Planos de Bacias e/ou Planos de Drenagem Urbana, de acordo com a cidade e a bacia hidrográfica.
3. Serviços drenagem urbana: desenvolvem a implementação dos serviços municipais de drenagem urbana;
4. Regulação da drenagem urbana: regulação sobre o uso do solo para não transferir impacto na drenagem urbana;
5. Planos, projetos e manutenção de drenagem urbana: manuais para desenvolvimento de planos de drenagem na bacia hidrográfica dentro da cidade, projetos de drenagem urbana e seus custos, serviços de manutenção, entre outros manuais necessários.
6. Planos de Bacia Hidrográfica: envolvem a revisão dos termos de referência dos Planos de Bacias Hidrográficas para atuar sobre a gestão de inundações ribeirinhas. Neste termo de referência, os Planos devem desenvolver ou especificar projetos para controle de inundações ribeirinhas urbanas vulneráveis por meio de medidas estruturais e não-estruturais. Este componente foi definido no programa de apoio anterior (B6);
7. Planos de Drenagem Urbana: desenvolvimento de termos de referência para preparação de planos de drenagem urbana das cidades. Neste termo de referência são especificadas medidas estruturais e não-estruturais.

## **Descrição das Ações**

### **C1.1: Planejamento do Programa**

**Medidas:** inicialmente o programa necessita de ser organizado quanto ao seguinte: (a) responsável e equipe para desenvolver o programa; (b) estabelecer o mecanismo para induzir as cidades a entrarem no programa e desenvolverem as ações previstas dentro dos Planos; (c) meios econômicos e financeiros para financiamento do programa; (d) definição dos produtos esperados, indicadores e metas.

**Produtos esperado:** desenvolvimento de um Programa de Inundações com etapas, indicadores e metas, fundos e investimento necessário para um horizonte de 20 anos.

**Responsável:** IGAM

**Estimativa de custo:** para o desenvolvimento deste planejamento serão utilizados recursos do IGAM e, dependendo do tema, valores de consultoria de até R\$ 100 mil reais.

**Prazo:** seis meses

## **C1.2 Zoneamento de áreas de inundação ribeirinha**

**O problema:** as inundações ribeirinhas ocorrem pela ocupação de área de risco pela população durante períodos de cheias pequenas ou secas. Quando as inundações retornam ocorre um aumento significativo no prejuízo da população e a demanda de recursos públicos para mitigar estes problemas.

A remoção de uma família da área de risco envolve um custo mínimo de reassentamento da ordem de R\$ 100 mil ou de obras com custos muito superiores. Com o tempo, se acumulam passivos de um grande número de famílias localizadas em áreas de risco, que o poder público não tem condições econômicas de viabilizar a sua remoção e evitar que outros ocupem.

**Medidas:** geralmente em grande parte das áreas de inundação os investimentos em obras são superiores à redução de benefício, portanto esta medida de zoneamento é mais utilizada na gestão de inundações ribeirinhas.

A principal medida de controle não-estrutural para reduzir as inundações ribeirinhas ao longo do tempo nas cidades é o zoneamento das áreas de risco. Este zoneamento se baseia no mapa de risco de inundações e do delineamento das zonas de passagem da enchente e da zona de risco. Com base nestes elementos, são propostos mecanismos de uso do solo que são incorporados no Plano Diretor Urbano das cidades visando reduzir a população impactada ao longo do tempo.

O mapeamento de inundação pode ser desenvolvido no Plano de Bacia Hidrográfica, quando a inundação é tratada de forma regional, ou no Plano de Drenagem Urbana, quando a mesma é tratada dentro do município. O zoneamento passa a ser obrigação ou compromisso da cidade na implementação da medida local.

As ações previstas são as seguintes:

- Manual para elaboração do zoneamento das áreas de inundação para as cidades do Estado, com estudo de caso;
- Apoiar os municípios no desenvolvimento do zoneamento e a sua incorporação no Plano Diretor da Cidade ou outro mecanismo legal;
- Estudo de viabilidade de um programa de seguro de inundação com abrangência estadual e resseguro.



**Resultado ou produto desta atividade:** este programa será desenvolvido ao longo de alguns anos para cobrir todo o Estado. O resultado esperado para a primeira etapa é o seguinte: (a) desenvolver zoneamentos em pelo menos três cidades piloto; (b) acompanhamento para introdução no Plano Diretor das cidades; (c) preparação do mecanismo institucional de indução das cidades; (d) avaliação da viabilidade do uso de seguro de inundação; (e) preparação de um manual para elaboração de zoneamento de inundação; (f) minuta de regulamentação para apoio dos municípios na elaboração do zoneamento.

As etapas posteriores devem ser planejadas dentro da primeira etapa visando os itens de indução

**Responsável:** IGAM e SECIR

**Prazo:** esta é uma ação de longo prazo que necessita de incentivos e cobranças pelo Estado. O prazo esperado é longo, com pelo menos 10 anos para que todas as cidades do Estado desenvolvam seu zoneamento.

**Estimativa de custo:** foi previsto para o primeiro ano valor de R\$ 1000.000,00 e um total de R\$ 10 milhões para um período de 10 anos com R\$ 1000 mil por ano.

### **C1.3 Serviços de drenagem urbana**

**O problema:** atualmente somente duas cidades do país possuem prestador de serviço de drenagem. A principal causa da inexistência do serviço é devido à falta de recuperação de custo dos serviços. Considerando que este é um serviço recente, previsto na Lei de Saneamento de 2007, os municípios já têm o seu orçamento comprometido. A referida legislação previu a cobrança da taxa de drenagem<sup>39</sup>, mas a sua implementação não tem sido promovida, devido à dificuldade de viabilizar politicamente esta tarifa. Não existe uma entidade para se responsabilizar pelos serviços de drenagem urbana nas cidades brasileiras.

**Medidas:** para implementar o prestador de serviço de drenagem nos municípios ou consórcio de municípios, é necessário desenvolver um modelo econômico de funcionamento baseado na cobrança da taxa de drenagem urbana. Existem modelos básicos como: modelo difuso – baseado numa taxa uniforme e dos impostos correntes; modelo com base no impacto - em função da área impermeável e dos impactos resultantes.

Para implementar o prestador de serviço de drenagem e seu funcionamento, é necessário desenvolver o seguinte:

---

<sup>39</sup> A taxa de drenagem foi prevista para ser cobrada em função da área impermeável. Segundo a decisão do Supremo esta cobrança deve ser na forma de taxa já que não é possível individualizar o serviço e cobrá-lo como tarifa. No entanto é possível identificar um fator que diferencia os usuários que é a área impermeável.

- Desenvolver um manual passo a passo para apoiar a criação do prestador de serviço municipal, considerando: organização, equipe, serviços a serem prestados, capacitação, avaliação econômica e financeira;
- Plano de implementação do serviço e definição da recuperação de custo e financiamento;
- Regulamentação da taxa de drenagem no município;
- Mecanismo de indução das cidades à implementação do prestador de serviço com mecanismos institucionais e econômicos.
- Desenvolvimento de mecanismo de escala para implementação dos serviços nas cidades menores que 100.000 habitantes.

**Resultado:** aumento das cidades com prestador de serviço de drenagem no Estado e redução dos impactos devido à urbanização.

**Responsável:** SECIR

**Prazo:** 5 anos

**Estimativa de custo:** foi previsto para o primeiro ano R\$ 600 mil e R\$ 6 milhões em cinco anos.

#### **C1.4 Regulação de Drenagem Urbana**

**Problema:** as inundações devido à drenagem urbana ocorrem dentro das cidades pelo aumento das áreas impermeáveis das cidades e canalização e condutos que aumentam o escoamento, sedimentos e erosão, qualidade da água pluvial e redução da recarga. Este processo é decorrência da expansão urbana e a população a montante na drenagem transferem para quem está a jusante os impactos. Não existe nenhum mecanismo de regulação para evitar que este tipo de impacto seja transferido dentro da cidade.

**Medidas:** para que o desenvolvimento urbano não aumente estes impactos é possível atuar antes que os mesmos ocorram, com medidas de regulação para novas construções. No Brasil, apenas quatro cidades possuem algum tipo de regulação deste tipo e os impactos são transferidos, de forma geral, com prejuízos anuais da ordem de R\$ 5 a 7 bilhões anuais.

As medidas evoluem seguinte:

- (a) Revisão das metodologias existentes e proposta de metodologia de estimativa dos indicadores da regulação para o Estado;
- (b) Minuta de regulação para as cidades;
- (c) Treinamento dos técnicos municipais para sua implementação;
- (d) Mecanismo de indução à implementação pelas cidades e sua estrutura de avaliação dos projetos.

**Resultado:** aumento das cidades com controle da drenagem urbana na fonte e redução dos impactos devido à urbanização nas cidades do Estado.

**Prazo:** 5 anos

**Responsáveis:** SECIR e ARSAE

**Estimativa de custo:** no primeiro ano deve-se preparar a metodologia e desenvolver os indicadores para todas as cidades do Estado e iniciar com algumas cidades piloto. Para cidades menores será necessário desenvolver consórcios. Foi previsto R\$ 300 mil para o primeiro ano e para todo o período do projeto o valor de R\$ 2 milhões.

### **C1.5 Planos, projetos e manutenção**

**Problema:** as cidades do Estado possuem pouco conhecimento no desenvolvimento de planos, projetos e serviços de manutenção em drenagem urbana. Muitas contratam serviços e não possuem capacidade de avaliação e ficam sujeitas a empresas de consultoria da área que geralmente possuem pouco conhecimento e qualificação no tema. O resultado disto tem sido a contratação de obras de alto custo sem resultado, porque transferem as inundações de um lugar para outro dentro da cidade, como a canalização de riachos urbanos.

**Medidas:** associados a capacitação que foi prevista nesta estratégia, são necessários o desenvolvimento de manuais padrões para orientar a contratação e avaliação dos serviços nas cidades com relação a drenagem urbana. Os manuais previstos são os seguintes:

- Manual para elaboração do Plano de Drenagem Urbana da cidade, identificando seus componentes, a elaboração do Plano de cada bacia hidrográfica da cidade;
- Manual de Drenagem Urbana que possa ser utilizado pelos municípios nas exigências de projetos dentro da cidade e faça parte do Plano de Drenagem da cidade. Este tipo de manual, produzido com padrões gerais pode ser adaptado para cada cidade;
- Manual de projetos de drenagem urbana que permita definir padrões de projetos relacionados com obras de drenagem na cidade, estudos ambientais, custos de obras, manutenção e serviços para contratação pelas cidades e consórcios.

**Resultados:** o resultado é o desenvolvimento de manuais para serviços relacionados à drenagem urbana na cidade e avaliação de custos de obras e manutenção para as cidades. Estes documentos devem ser preparados numa primeira etapa e depois revisados periodicamente com base em dados que

serão obtidos ao longo do tempo e a experiência adquirida durante o desenvolvimento das ações nas cidades.

**Responsável:** SECIR e ARSAE

**Prazo:** 3 anos.

**Estimativa de custo:** estima-se o valor de R\$ 200 mil para o primeiro ano e total do projeto em R\$ 2 milhões.

### **C1.6 Plano de Drenagem Urbana**

**O problema:** atualmente as cidades são orientadas a desenvolver o Plano de Saneamento Básico, do qual o Plano de Drenagem faz parte. Estes planos têm sido desenvolvidos dentro de uma prática limitada que apenas descreve alguns problemas, mas não atuam sobre os problemas de inundação da cidade. Quando desenvolvem medidas estruturais usualmente projetam obras insustentáveis.

**Medidas:** o plano de Drenagem Urbana é um dos componentes do Plano de Saneamento da cidade. Todas as cidades devem ter um Plano de Saneamento e uma instituição para implementá-lo. Esta atividade tem a finalidade de: (a) preparar termos de referência para elaboração destes planos; (b) apoio à obtenção de financiamento do Plano; (c) suporte a avaliação e acompanhamento dos Planos de Drenagem Municipal de forma a se obterem resultados adequados; (d) implementação dos Planos de Drenagem.

**Produto:** na primeira fase deste componente deve-se preparar o TR para os Planos de Drenagem. Na sequência, deve-se apoiar e acompanhar o desenvolvimento de Planos de Drenagem das cidades do Estado, incentivando as cidades maiores que 100.000 habitantes. Espera-se, assim, a obtenção de 50% dos Planos realizados para estas cidades dentro de curto e médio prazo. Conclusão dos demais em longo prazo e implementação do Plano.

**Prazo:** 15 anos

**Responsável:** SECIR e cidades

**Estimativa de custo:** para o primeiro ano, que envolve a preparação de Planos, estimou-se o valor de R\$ 5 milhões. Ao longo do tempo, com investimentos em Planos e o investimento nas obras, estima-se um total R\$ 5,1 bilhões (ver capítulo 7).

### **6.4.2 Programa de secas e estiagens**

#### **Impactos**

No período de 2014-2015 ficaram evidentes os problemas de disponibilidade hídrica em Minas Gerais, como demonstrado no capítulo do diagnóstico. Em resumo estas limitações se devem ao seguinte:

- Falta de investimentos para atender a demanda;
- Evento crítico com baixa probabilidade de ocorrência e fora do dimensionamento da oferta com relação a demanda;
- Falta de alternativa de segurança para disponibilidade hídrica nos eventos críticos.

Estas condições mostram uma fragilidade distribuída pelo Estado que ainda é pouco conhecida, apesar dos relatórios de acompanhamento desenvolvido pelo IGAM e ANA.

As consequências são o racionamento da água e problemas na rede de distribuição. Em alguns locais, estes problemas estão relacionados com a qualidade da água, já que água existe em quantidade suficiente para atender a demanda, mas se encontra contaminada, como na Região Metropolitana de Belo Horizonte.

## **Objetivos**

Os objetivos deste programa são reduzir o risco da disponibilidade hídrica no Estado e estar preparado para os eventos críticos, como o ocorrido em 2014-2015, mesmo que o mesmo tenha um risco inferior ao de projeto de demanda de água no Estado.

Estas são as condições de eventos críticos sobre a infraestrutura de água, principalmente para abastecimento humano em áreas urbanas.

## **Plano de Ação**

Neste plano são desenvolvidas ações relacionadas com o seguinte:

- Avaliação e alternativas das condições de projeto existente na relação oferta x demanda das cidades do Estado;
- Avaliação e alternativa de atendimento da disponibilidade hídrica na área rural;
- Desenvolver alternativas de segurança hídrica para as cidades com foco em ações emergenciais;
- Desenvolver medidas preventivas integradas para manutenção dos mananciais urbanos.

A primeira ação atua sobre a identificação das limitações de atendimento do uso da água atualmente existente. A segunda busca atuar nas ações de segurança hídrica para preparar as alternativas de emergências para as cidades. A terceira atua na prevenção da proteção dos mananciais, com medidas inovadoras de preservação das fontes.

## **C2.1 Avaliação de disponibilidade x demanda nas cidades**

**O problema:** a cobertura de água tratada das cidades é bastante alta, no entanto, é importante entender as limitações existentes nesta cobertura quanto às condições de atender a demanda e seu risco para evitar um racionamento desnecessário. Além disso, a cobertura de água tratada na área rural é menor e deve-se procurar o tipo de restrição a estas condições

**Medidas:** as principais medidas previstas para atuar no sentido de reduzir a vulnerabilidade das áreas urbanas e rurais ao atendimento de demanda de água de abastecimento são as seguintes:

- Mapeamento das cidades do Estado quanto à oferta de disponibilidade hídrica para atendimento da cidade e de suas áreas rurais;
- Identificação da relação oferta x demanda da adução, distribuição e tratamento de água, considerando a evolução da demanda para cada cidade;
- Avaliação dos riscos existentes na oferta de água e do manancial utilizado, dentro âmbito de quantidade e da qualidade da água. Os riscos estão relacionados com: (a) disponibilidade hídrica e o risco hidrológico; (b) falha no sistema de atendimento da oferta como adução, reservação e tratamento de água; (c) acidentes e/ou ação criminosa;
- Classificação das cidades com relação ao risco de atendimento da demanda, considerando pelo menos três níveis: crítico (> 10%, médio (<10 % e > 5%) e baixo (< 5%);
- Desenvolver um planejamento de ampliação da oferta, considerando a evolução urbana e atingir em todos os municípios com um padrão de pelo menos 5% de risco;
- Implementação dos projetos para atendimento do planejamento previsto.

**Produto:** eliminar a vulnerabilidade hídrica para atendimento da demanda urbana de abastecimento de água e garantir o atendimento com risco baixo de disponibilidade hídrica e de falha do sistema.

**Prazo:** 10 anos,

**Estimativa de custo:** o custo estimado foi de R\$ 990 milhões para todo o período do projeto (ver capítulo 7)

**Responsável:** IGAM, SECIR, COPASA

## C2.2 Atendimento da demanda na área rural

**Problema:** a demanda de água na área rural é difusa e concentrada em algumas áreas, com demanda específica. As demandas são para população rural, animais e para irrigação. Os maiores riscos ocorrem no semiárido da parte de Minas Gerais e na bacia do Jequitinhonha.

**Medidas:** nesta atividade envolvem o seguinte:

- Identificação das áreas mais afetadas no Estado com base em dados da Defesa Civil e outras informações disponíveis;
- Avaliação do risco das áreas identificadas e suas limitações de disponibilidades;
- Desenvolver um plano de ação de reduzir a vulnerabilidade ao longo do tempo, buscando manter os riscos dentro de 5% de probabilidade;
- Identificação de recursos econômico para as ações planejadas.
- Desenvolver a avaliação de resultados das medidas.

**Resultados esperados:** a meta é a redução da vulnerabilidade da população rural e dos projetos de uso da água no meio rural. Espera-se que as ações adotadas reduzam a frequência do racionamento de água.

**Prazo:** 10 anos para o desenvolvimento e redução da vulnerabilidade rural.

**Estimativa de custos:** o custo total para desenvolvimento desta atividade é de R\$ 831,6 milhões (ver capítulo 7).

**Responsável:** IGAM, SECIR e COPASA

## C2.3 Gestão da segurança hídrica na disponibilidade hídrica

**Problema:** os projetos são desenvolvidos com um risco de atendimento geralmente da ordem de 5%. No entanto, estes eventos podem ocorrer deixando a população vulnerável a eventos desta natureza. Quando ocorrer um evento com risco inferior a 5% para o qual o sistema foi projetado e a oferta de água não atender à demanda, medidas emergenciais devem ser tomadas. Como aconteceu no período de 2014-2015, o Estado não está preparada para isto.

**Medidas:** para que os sistemas hídricos reduzam a vulnerabilidade a eventos críticos relacionados com as secas e estiagens, este estudo prevê as seguintes ações:

- Desenvolvimento de metodologia para um plano de emergência para cenários de oferta inferior à prevista nos projetos. Este plano de emergência deve prever: (a) sistema de alerta; (b) identificar sistemas alternativos de segurança; (c) fluxograma de ações para os operadores durante os eventos críticos; (d) medidas de operação e manutenção

para o funcionamento do sistema; (e) medidas operacionais durante a emergência.

- Mapear as áreas urbanas e rurais sujeitas a maior risco hidrológico combinado: (a) risco de oferta; (b) riscos operacionais e de acidentes; (c) risco de demanda.
- Desenvolver um programa de ação de longo prazo para desenvolvimento dos planos de emergências para os locais mapeados.
- Implementação das ações por meio do plano de emergência para os locais mapeados.

**Produto:** o resultado desta atividade é a existência de planos de emergências para eventos críticos com risco inferiores a 5% nos locais mapeados do Estado.

**Prazo:** 5 anos

**Estimativa de custo:** foi previsto um investimento de R\$ 10 milhões para desenvolvimento de Planos de Emergências

**Responsável:** IGAM, SECIR e COPASA

## **C2.4 Proteção de manancial**

As medidas preventivas tratam de mecanismos institucionais e econômicos para reduzir a vulnerabilidade dos mananciais, principalmente urbano.

**O problema:** observa-se que existe um ciclo de contaminação próximo às cidades, devido à falta de tratamento de esgoto e ocupação de em áreas de mananciais por população de baixa renda.

Desde a década de 70, as legislações estaduais estabeleceram que as áreas de mananciais fossem definidas como áreas de preservação. Como resultado, o proprietário da área não pode ter benefícios econômicos da mesma e ainda necessita pagar impostos. O resultado imediato foi a ocupação de população de baixa renda por falta de controle do espaço e a poluição dos mananciais. A legislação se mostrou problemática, porque não considerou as condições do país, de falta de obediência legal e a falta de incentivo econômico.

**Medidas:** para buscar mudar esta tendência, é necessário criar mecanismos econômicos que incentivem o proprietário a manter a área preservada. Este tipo de prática envolve o conceito de “pagamento por serviços ambientais”, que vem sendo praticado nas áreas rurais pela ANA.

As atividades previstas são: (a) identificação dos mecanismos econômicos que podem ser utilizados para preservação sustentável das áreas de mananciais urbanos; (b) seleção de metodologia para implementação do mecanismo



econômico e dos incentivos; (c) estabelecimento de uma minuta de proposta de regulação para implementação dos mecanismos estabelecidos; (d) identificar, pelo menos, 3 estudos pilotos; (e) desenvolvimento dos projetos pilotos e aprimoramento da metodologia a ser proposta para o Estado; (f) expandir o sistema de prevenção para todas as cidades do Estado.

**Produto:** o produto esperado desta atividade é a preservação das áreas mananciais, com o uso de mecanismos institucionais e econômicos, reduzindo o conflito hoje existente.

**Prazo:** 5 anos

**Estimativa de custo:** valor previsto para este projeto foi de R\$ 2 milhões.

**Responsável:** IGAM, SECIR e COPASA

### **6.4.3 Programa de recuperação da qualidade da água**

#### **Impacto**

Os principais impactos sobre a qualidade da água são decorrência das cargas pontuais e difusas. O principal problema das cargas pontuais são: (a) falta de tratamento de efluentes das cidades; e (b) das indústrias próximas destas cidades.

As fontes de carga difusa se devem ao seguinte: (a) poluição da agropecuária; (b) águas pluviais urbanas pela lavagem das superfícies urbanas. A poluição da agropecuária ocorre em função do uso do solo na agricultura e está distribuído no Estado. As contaminações de águas pluviais ficam próximas das cidades e ocorrem logo após o período chuvoso. Na atividade de monitoramento, foi prevista uma atividade para avaliar este tipo de poluição no Estado, identificando as principais contaminações e os trechos de rios nestas condições.

Atualmente, todos os rios que cruzam as cidades, mesmo as pequenas, ficam poluídos pela falta de tratamento de esgoto doméstico. A cobertura de coleta e tratamento de efluentes é ainda muito pequena. Estes impactos estão distribuídos próximos das grandes concentrações urbanas.

#### **Objetivos**

Os objetivos deste programa envolvem a melhoria da qualidade da água nos rios do Estado, dentro de um horizonte de planejamento em 20 anos.

#### **Medidas de gestão**

O CONAMA 357/05 regula a classe dos rios e seu enquadramento, mas se baseia principalmente na poluição pontual.

Desta forma, as principais ações envolvem o enquadramento dos rios previsto para o Plano de Bacia Hidrográfica. O enquadramento é, na realidade,

um programa de despoluição dos rios dentro do Plano de Bacia. Contudo, atualmente este processo não tem avançado porque depende de uma real participação dos atores que gerenciam os serviços de saneamento das cidades.

O controle da poluição industrial é decorrência da ação das entidades de licenciamento e acompanhamento de efluentes.

A poluição difusa é pouco conhecida, tanto em nível da agricultura como devido à drenagem urbana. A poluição difusa na agricultura é desenvolvida dentro de programa de conservação do solo e controle de pesticidas e a da drenagem urbana, dentro das medidas de controle das águas pluviais, dentro da regulação da drenagem e nas medidas estruturais que controlam o escoamento da primeira parte da chuva.

Estes são aspectos que apresentam grande vulnerabilidade, devido à falta dos serviços. Além da vulnerabilidade por falta dos serviços, ainda existe a vulnerabilidade a eventos extremos que estão acima das condições de planejamento.

### **Plano de Ação**

O Plano de Ação que atua sobre a poluição de rios envolve o seguinte:

- Desenvolvimento de uma estratégia estadual para controle dos efluentes urbanos e recuperação dos rios, dentro do enquadramento desenvolvido nos Planos de Bacia;
- Desenvolvimento da avaliação e uma estratégia para controle dos efluentes industriais;
- Desenvolvimento da avaliação e desenvolvimento de estratégia para controle dos impactos da poluição difusa;
- Medidas emergenciais associada aos eventos críticos devido à redução da vazão nos rios.

### **C3.1 Redução da carga dos efluentes domésticos**

**O problema:** o principal problema no país e em Minas Gerais, que mantém os rios poluídos, é a falta de tratamento de esgoto doméstico. Este processo tem evoluído lentamente, fazendo com que exista um subsídio ambiental para a população. Além do problema ainda ser significativo, não existe uma estratégia de longo prazo para atuar sobre o assunto.

Os Planos de bacia procuram preparar o enquadramento, que é um plano de despoluição, mas nada ocorre quando a principal carga devido ao esgoto doméstico não é tratada.

**Medidas:** para atuar sobre este problema, é necessário desenvolver um programa de controle deste efluentes em todo o Estado, iniciando para as áreas de maior concentração de população. Esta estratégia deve estabelecer fases de ação, recursos necessários ao longo do tempo e meta a serem atingidas dentro de um horizonte a ser definido.

A principal medida é o Plano Esgotamento Sanitário para Estado de Minas Gerais. Este Plano envolve as seguintes atividades:

- Diagnóstico estadual quanto as limitações do controle de efluentes domésticos e industriais;
- Desenvolvimento dos sistemas de coleta e tratamento e estratégias para cidades maiores (> 100 mil habitantes) e menores (<100 mil habitantes);
- Avaliação econômica e financeira para viabilizar o desenvolvimento dos serviços.
- Estabelecimento de metas de resultado ao longo do tempo e procedimentos para avaliação dos resultados do Plano.

**Produto:** o resultado esperado é que sejam atingidas as metas, ao longo do tempo, de cobertura de coleta e tratamento de efluentes e, principalmente, a melhoria da qualidade da água em trechos definidos pelas metas.

**Prazo:** 15 anos.

**Estimativa de custo:** R\$ 21,2 bilhões de reais (ver capítulo 7)

**Responsável:** SECIR e COPASA

### **C3.2 Avaliação e estratégias para redução da poluição difusa**

**O problema:** a poluição difusa é pouco conhecida porque não é medida. Nas atividades do monitoramento, foram previstas atividades para obter estes resultados. A poluição difusa é função do uso do solo rural e devido à lavagem das superfícies na drenagem urbana.

**Medidas:** as ações previstas são:

- Monitoramento amostral baseado nas potenciais fontes de poluição (ver ação B3);
- Com base no monitoramento previsto nesta estratégia, é realizada a avaliação dos rios mais contaminados e o tipo de poluição existente;
- Estabelecer medidas de controle tanto na área rural, como urbana ,para melhoria da qualidade da água;
- Desenvolver indicadores para acompanhamento dos resultados para e sua eficiência.

**Produto:** com esta atividade espera-se que, ao longo do tempo, ocorram melhorias sobre os trechos mais importantes e contaminados ao longo dos rios do Estado.

**Prazo:** 10 anos

**Estimativa de custo:** R\$ 10 milhões

**Responsável:** SEMAD e SECIR

### **C3.3 Plano de Emergência para qualidade da água**

**O problema:** a qualidade da água dos rios é avaliada para a vazão de referência, no entanto existe sempre o risco de ocorrerem vazões inferiores à vazão de referência, quando da ocorrência de eventos críticos. Este é o cenário de segurança hídrica que pode levar a morte de fauna e prejuízo ambiental nos trechos de rios.

**Medidas:** este tipo de medida somente tem efetividade quando os rios atingirem as condições de qualidade da água esperada nas ações anteriores, já que atualmente se encontram muito poluídas em função da falta dos serviços adequados.

As principais medidas a serem planejadas envolvem o seguinte:

- Identificação dos trechos mais críticos quanto à poluição no Estado;
- Avaliação do impacto ambiental para os trechos identificados, das condições de vazões inferiores à vazão de referência. Esta avaliação é prevista para 3 trechos amostrais. Em outra etapa deve-se planejar os demais.
- Identificar medidas preventivas para mitigar este impacto, quando ocorrer;
- Identificar medidas emergenciais a serem adotadas durante as condições de eventos críticos.

**Produto:** o resultado desta ação é minimizar os impactos de períodos críticos de vazões nos rios.

**Prazo:** 10 anos

**Responsáveis:** IGAM, SECIR e COPASA

**Estimativa de custo:** estimou-se R\$ 5 milhões para o projeto.

### **6.4.4 Programa de operação de obras hidráulicas e segurança de barragem**

As principais obras hidráulicas com risco relacionado com a segurança envolvem as barragens. A legislação de segurança de barragem de 2010 estabeleceu que as regulações sobre as barragens de água, com exceção das

hidrelétricas, são de responsabilidade da ANA em nível nacional (rios de domínio federal) e estadual o IGAM.

Para atuar regulando de acordo com a legislação é necessária a atuação do Estado visando a redução dos impactos relacionado ao risco destas obras.

As ações previstas para este programa são as seguintes:

- Cadastro de barragens;
- Regulamentação da legislação estadual de segurança de barragem dentro do âmbito de barragens de água;
- Plano de segurança estadual de obras hidráulicas.

#### **C4.1 Cadastro de barragens**

**O problema:** para a gestão de obras hidráulicas é necessário possuir um cadastro atualizado das barragens, como é previsto na legislação nacional e estadual de segurança de barragem. Além disso, deve-se examinar outras obras hidráulicas de risco existentes no Estado.

**Medidas:** as atividades previstas para são as seguintes:

- Definição dos dados necessários para o cadastro de barragem;
- Desenvolvimento de sistema de informação associado à base de dados de monitoramento do Estado;
- Estabelecer um mecanismo de atualização de informação e inspeção básica das barragens, de acordo com a lei;
- Revisão periódica dos procedimentos.

**Produto:** base de dados no IGAM, com acesso público de informações pela web, tanto para informar como consultar.

**Prazo:** 3 anos.

**Estimativa de custo:** R\$ 1 milhão

**Responsável:** IGAM e outros

#### **C4.2. Regulamentação de segurança de barragem**

**O problema:** a legislação de segurança de barragem em nível nacional motivou a legislação estadual sobre o mesmo assunto. Considerando as normativas já aprovadas no CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos), torna-se necessária a regulamentação específica para as barragens de água no Estado, estabelecendo os prazos para elaborando os Planos de Segurança de Barragem e os Planos de Ação de Emergência, entre outros elementos.

**Medidas:** as atividades previstas neste componente são as seguintes:

- Criar um grupo de trabalho dentro do IGAM para desenvolver uma proposta de regulamentação;

- Revisão das práticas nacionais e internacionais sobre o assunto;
- Identificação dos artigos da lei que requerem regulamentação;
- Desenvolvimento da proposta baseado no conhecimento adquirido e considerando as características do Estado de Minas Gerais. Deve-se considerar nesta regulamentação as condições de efeito sinérgico das barragens;

**Produto:** o produto esperado desta atividade envolve uma minuta de regulamentação com suas justificativas para ser encaminhada ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

**Prazo:** 3 anos

**Custo:** R\$ 500 mil

**Responsável:** IGAM, SEMAD e outros.

#### **C4.3 Plano Estadual de Segurança de Obras Hidráulicas**

**O problema:** considerando a existência de um número significativo de barragens no Estado e a gestão das mesmas subdividida com vários atores como ANA, ANEEL e DNPM, em nível nacional, e IGAM e FEAM, em nível estadual, esta gestão torna-se fragmentada e cartorial. Isto não permite se antecipar a acidentes como o de Mariana e adotar medidas de mitigação.

**Medidas:** o Plano Estadual de Segurança de Barragens é o instrumento de planejamento integrado do Estado que deve buscar avaliar os riscos dos diferentes trechos de rios aos potenciais impactos do rompimento de barragens quanto aos efeitos sinérgicos e isolados e desenvolver medidas preventivas. O Plano deve conter, no mínimo:

- Identificação dos principais trechos de rios sujeitos a barragens dentro de critérios a serem definidos;
- Diagnóstico de cada trecho de rio quanto ao risco das barragens existentes e efeitos sinérgicos;
- Medidas preventivas em nível Estadual e em nível de bacia;
- Recomendações para revisão do sistema de segurança.

**Produto:** O Plano de Segurança de Barragem é aprovado pelo IGAM e pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

**Prazo:** 5 anos

**Responsável:** IGAM e outros

**Custo:** R\$ 3 milhões

## **7. PLANO DE AÇÃO**

O Plano de Ação definiu duas etapas distintas:

- Medidas emergenciais: são medidas para atuação de prazo muito curto devido aos cenários emergenciais observados nos últimos anos;
- Desenvolvimento das ações estruturadas: envolvem as ações de todo o programa.

Este Plano estabelece as medidas emergenciais e distribui no tempo as atividades previstas na Estrutura da Segurança Hídrica. No item seguinte são apresentadas as medidas emergenciais. No segundo item são definidas os tempos mencionados em curto, médio e longo prazo.

No terceiro item deste Plano de Ações são apresentadas as metas para atingir os objetivos deste Programa. No quarto item são apresentados o resumo das ações previstas para estratégia, com a ordem de precedência e cronograma previsto. No quinto item são apresentadas estimativas do investimento no programa.

### **7.1. MEDIDAS EMERGENCIAIS**

#### **7.1.1 Avaliação preliminar**

O principal indicador de impacto adotado neste estudo foi a declaração de Situação de Emergência (SE) ou Situação de Calamidade Pública (SCP) declarado pelos municípios. Os dados coletados foram obtidos junto a Defesa Civil Nacional e devem passar por uma triagem sobre as informações, considerando o espaço que envolve todo o estado e as efetivas condições críticas destas declarações.

Nos anexos G e H são identificados os municípios por UGRH com os eventos de SE e SCP para enchentes e secas.

Pode-se observar que, para enchentes, os anos importantes foram 2012, 2013 e 2014. O ano de 2012 mostrou maior número de declarações. Observa-se também de 853 municípios, 442 municípios declararam algum tipo de impacto em inundações nestes cinco anos.

No caso de secas, observa-se que 329 municípios declararam pelo menos um evento de seca ou estiagem no período de 2012 a 2016. Observa-se que muitos municípios fizeram declaração em todos os anos e no período de 2013 a 2016 observam-se o maior número de declarações.

### 7.1.2 Atividades emergenciais

Considerando as condições observadas previu-se que no início do Plano de Ação é necessário atender a população que está em condições mais críticas quanto a inundações e secas visando uma mitigação destas condições a curto prazo.

As atividades emergenciais previstas são as seguintes:

1. **IDENTIFICAÇÃO DAS CIDADES VULNERÁVEIS:** revisão de análise das informações e identificação as cidades mais vulneráveis no Estado quanto a secas e inundações.  
Esta análise envolve os indicadores utilizados pela Defesa Civil quanto a impactos econômicos, número de pessoas impactadas e frequência. Adicionalmente deve-se avaliar os condicionantes técnicos relacionados com as condições do evento climático e sua probabilidade de ocorrência;
2. **SELEÇÃO DAS CIDADES PARA O PROGRAMA EMERGENCIAL:** a seleção das cidades para atuação emergencial, deverá levar em consideração os indicadores mencionados e aprimorados para avaliação das condições sociais e econômicas e capacidade de investimentos e viabilidade de ação de curto prazo.
3. **AÇÃO EMERGENCIAL:** as ações emergenciais envolvem medidas que permitam reduzir a vulnerabilidade de curto prazo. Para as secas, envolvem principalmente medidas de abastecimento de água para abastecimento e apoio econômico por perda de renda.  
No caso de inundações, envolve principalmente a remoção ou proteção provisória de população sujeita a inundação.  
Esta etapa será desenvolvida em duas partes: (a) planejamento das ações; (b) intervenções específicas que envolvem redução de risco e/ou medidas não-estruturais.

O prazo previsto para esta atividade é de 2 anos. Atividades que forem previstas para um período superior a este devem estar no restante do Plano de Ação. As entidades responsáveis para esta atividade são: IGAM, SCIT, Defesa Civil.

### 7.2 DISTRIBUIÇÃO NO TEMPO DAS MEDIDAS

O Plano de Ações distribui as atividades previstas no programa ao longo do tempo. Os tempos previstos e as metas de processo são os seguintes:



- CURTO PRAZO: três anos após o início das atividades. São atividades preparatórias e emergenciais que permitem dar sequência ao programa e as ações em curso do governo do Estado;
- MÉDIO PRAZO: até sete anos depois de iniciado o programa e quando é realizada a sua revisão. Construção das instituições, planos, medidas não-estruturais implementadas;
- LONGO PRAZO: até 15 anos depois de iniciado o programa, quando são executadas as ações de longo prazo que complementam o Plano.

### **7.3. METAS DO PLANO**

As metas gerais previstas para o Plano estabelecem resultados definidos para o período de desenvolvimento do Plano com relação ao seguinte:

- Estabelecimento de um sistema institucional no IGAM para atuar em segurança hídrica;
- Incorporação do planejamento aos eventos críticos nos Planos das bacias hidrográficas no Estado;
- Desenvolver para, pelo menos 50% das cidades do Estado, os serviços de drenagem urbana, regulação e Plano de Drenagem Urbana e sua implantação que incorporem a gestão sustentável dos serviços e o controle da urbanização num prazo de 10 anos;
- Desenvolvimento de um plano de tratamento dos efluentes do Estado de Minas Gerais e melhoria da qualidade da água e a cobertura de até 60% de coleta e tratamento em 10 anos.
- Implementação de um sistema de previsão de vazão para o Estado de Minas Gerais visando os eventos críticos

As metas técnicas específicas são as seguintes:

- (a) Eliminar as inundações na drenagem urbana das cidades para riscos menores ou iguais a 10 anos de tempo de recorrência para pelo menos 50% das cidades;
- (b) Incorporar o zoneamento de inundações aos Planos Diretores Urbanos das cidades com risco de inundação em pelo menos 80% das cidades com risco de inundação;
- (c) Desenvolver Medidas emergenciais para disponibilidade hídrica urbana para pelo menos 50% das cidades do Estado em 10 anos;
- (d) Enquadramento de todos os rios e implementação do programa de despoluição.

## 7.4 RESUMO DA ESTRATÉGIA

A seguir, é apresentado um resumo das atividades propostas no Plano Estratégico do capítulo anterior, que visa atender as metas apresentadas no item anterior. A distribuição no tempo em curto, médio e longo prazos é apresentada nos itens seguintes, juntamente com as metas a serem atingidas em cada etapa.

Na tabela abaixo, é apresentado um resumo de todas as atividades previstas no programa. Nesta tabela é apresentado um resumo da atividade, o tempo previsto da atividade (curto, médio ou longo prazo), mês de início e o mês de fim e o número total de meses. As atividades precedentes a esta são como recomendação, mas podem ser concomitantes.

Na descrição do projeto, são previstas as atividades, mas cada programa como um todo e suas atividades em específico devem passar por permanentes revisões. Num programa desta magnitude, a dinâmica de ações é muito importante e, em face de informações e demandas, o mesmo deve sofrer aprimoramentos.

Na figura 36, é apresentado o fluxograma de precedência das atividades. Este fluxograma não caracteriza exatamente os tempos previstos na descrição de cada atividade, mas permite caracterizar um conjunto de ações detalhado após a descrição apresentada no capítulo 6 sobre o conjunto da estrutura de ações deste programa.

Foram propostos um total de 25 atividades para a segurança hídrica. O primeiro grupo de atividades procura estruturar o Estado para atuar sobre o tema, com qualificação de técnica e com instrumentos de gestão. Estas são ações de curto prazo

No segundo grupo de apoio: os mecanismos econômicos permitem disponibilizar as oportunidades econômicas de obtenção de recursos para implementação da estratégia; a capacitação permite qualificar os atores para o desenvolvimento do Plano de Segurança Hídrica; a pesquisa tem o objetivo de apoiar com conhecimento os gargalos encontrados no seu desenvolvimento; o monitoramento envolve a obtenção de informação adequada dos processos hidroclimáticos para os programas; os Planos de Bacia são atualizados para incorporar a segurança hídrica no seu planejamento. Estas ações combinam ações de curto e médio prazo.

No terceiro grupo de ações, estão os Programas de Inundação que atuam na mitigação das inundações das cidades; Programa de Secas e Estiagens na redução da vulnerabilidade as secas e nos planos de emergências; o Programa de Recuperação da qualidade da água é um dos principais que utiliza mais recursos devido à limitação do tratamento de efluentes domésticos; o Programa de Obras Hidráulicas e Segurança atua na prevenção de gestão destas estruturas. A dinâmica de desenvolvimento desta estratégia deverá levar a atualizações da mesma ao do seu desenvolvimento.

Tabela 30 - Ações previstas na estratégia de segurança hídrica

| Código                            | Nome                                          | Descrição                                                                                                                                                                                                                                        | Prazo    |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>MEDIDAS EMERGENCIAIS</b>       |                                               | Atuar sobre problemas emergenciais de secas e inundações.                                                                                                                                                                                        | Curto    |
| <b>ESTRUTURAÇÃO INSTITUCIONAL</b> |                                               | Construção Institucional das entidades estaduais                                                                                                                                                                                                 |          |
| A1                                | Reestruturação do Estado                      | Formação de uma equipe para atuar em segurança hídrica dentro da estrutura do Estado; sua capacitação e definição das suas ações, objetivos e metas a serem obtidas ao longo do tempo                                                            | Curto    |
| A2                                | Revisão da regulação de funcionamento do IGAM | Revisar os aspectos relacionado com as atribuições de funcionamento do IGAM, estabelecimento de minutas de funcionamento e outras medidas legais necessárias.                                                                                    | Curto    |
| <b>AÇÕES DE APOIO</b>             |                                               | Medidas que suportem os desenvolvimentos aos programas                                                                                                                                                                                           |          |
| B1                                | Bases Econômicas e Financeiras                | a) avaliação econômica e demanda para projetos de segurança hídrica; (b) manuais e padrões para avaliação econômica dos projetos de Segurança Hídrica e oportunidade de financiamento; (d) revisão e consolidação de Fundo de Recursos Hídricos. | Curto    |
| B2                                | Capacitação                                   | Treinamento de decisores, gestores e técnicos de recursos hídricos sobre a gestão de segurança hídrica                                                                                                                                           | Médio    |
| B3                                | Ciência e Tecnologia                          | Desenvolvimento científico e tecnológico voltado para os problemas de segurança hídrica                                                                                                                                                          | Contínuo |
| B4                                | Monitoramento                                 | Revisar o monitoramento atual e preparar seu aprimoramento para melhor atender as necessidades deste programa quanto a informações do monitoramento tradicional e em tempo real.                                                                 | Médio    |
| B5                                | Previsão de Vazão                             | Desenvolvimento de um sistema de previsão climática e hidrológica em tempo real com base em telemetria, para os locais de interesse de segurança hídrica.                                                                                        | Curto    |
| B6                                | Plano de Bacia Hidrográfica                   | Desenvolvimento de um termo de referência para Planos de Bacia Hidrográfica para futuros Planos e na revisão futura dos existentes.                                                                                                              | Curto    |
| <b>PROGRAMA DE INUNDAÇÕES</b>     |                                               | Gestão das Inundações no Estado                                                                                                                                                                                                                  |          |
| C1.1                              | Planejamento do Programa                      | Desenvolvimento do Programa de Inundações, estabelecendo indicadores e metas das ações.                                                                                                                                                          | Curto    |
| C1.2                              | Zoneamento de áreas de inundação              | Atua para desenvolvimento do zoneamento de áreas de inundações das cidades visando reduzir o impacto da população. Implementar o zoneamento nas cidades com maiores riscos de inundação do Estado.                                               | Longo    |
| C1.3                              | Serviços de Drenagem Urbana                   | Implementar o prestador de serviço em drenagem urbana nas cidades de Minas Gerais                                                                                                                                                                | Médio    |
| C1.4                              | Regulação de Drenagem Urbana                  | Desenvolvimento de regulação para novas construções de drenagem urbana para as cidades de Minas Gerais visando evitar a transferência de inundações dentro da cidade.                                                                            | Médio    |

|                                                              |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                     |       |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| C1.5                                                         | Planos, Projetos e Manutenção                                    | Desenvolvimento de manuais para serviços relacionados a drenagem urbana na cidade e avaliação de custos de obras e manutenção para as cidades.                                                                      | Médio |
| C1.6                                                         | Plano de Drenagem Urbana                                         | Desenvolvimento e implementação dos Planos de Drenagem Urbana.                                                                                                                                                      | Longo |
| <b>PROGRAMA DE ESTIAGENS E SECAS</b>                         |                                                                  | Redução da vulnerabilidade a períodos secos.                                                                                                                                                                        |       |
| C2.1                                                         | Disponibilidade x demanda nas cidades.                           | As principais medidas previstas para atuar no sentido de reduzir a vulnerabilidade das áreas urbanas e rurais ao atendimento de demanda de água de abastecimento.                                                   | Longo |
| C2.2                                                         | Atendimento da demanda rural                                     | Redução da vulnerabilidade da população rural e dos projetos de uso da água no meio rural.                                                                                                                          | Longo |
| C2.3                                                         | Gestão da segurança hídrica                                      | Desenvolvimento de prática de Plano de Emergência para os sistemas de abastecimentos das cidades de Minas Gerais. Este plano atende as condições além do risco de projeto.                                          | Médio |
| C2.4                                                         | Proteção de manancial                                            | Mecanismos institucionais e econômicos para reduzir a vulnerabilidade dos mananciais, principalmente urbano.                                                                                                        | Médio |
| <b>PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA</b>          |                                                                  | Melhoria da qualidade da água dos rios e mananciais                                                                                                                                                                 |       |
| C3.1                                                         | Redução da carga dos efluentes domésticos                        | A cobertura de tratamento de esgoto é pequena, causa da poluição nos rios. Desenvolver ações para tratamento de esgoto e recuperação da qualidade da água dos rios.                                                 | Longo |
| C3.2                                                         | Redução da poluição difusa                                       | A poluição difusa não é conhecida no Brasil. Esta atividade complementa a atividade B3 de monitoramento e atua sobre as causas desta poluição dentro de um programa Estadual.                                       | Longo |
| C3.3                                                         | Plano de Emergência de qualidade da água                         | A gestão de qualidade da água é realizada para a vazão de referência, deve-se examinar a condição de risco sobre o meio ambiente e disponibilidade hídrica para o risco de vazões inferiores a vazão de referência. | Longo |
| <b>PROGRAMA DE OBRAS HIDRÁULICAS E SEGURANÇA DE BARRAGEM</b> |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                     |       |
| C4.1                                                         | Cadastro de Barragens <sup>2</sup>                               | Esta atividade desenvolve as ações necessárias para a construção e atualização deste cadastro.                                                                                                                      | Curto |
| C4.2                                                         | Regulamentação da segurança de barragem no Estado <sup>2</sup> . | Normatização sobre as barragens de água no Estado,                                                                                                                                                                  | Curto |
| C4.3                                                         | Plano Estadual de Segurança de Barragens <sup>2</sup> .          | Planejamento integrado de segurança, deve buscar avaliar os riscos dos diferentes trechos de rios, efeitos sinérgicos e isolados e desenvolver medidas preventivas.                                                 | Médio |

1 – Mês de início e mês de fim; barragens de acumulação de água, exceto hidrelétricas.

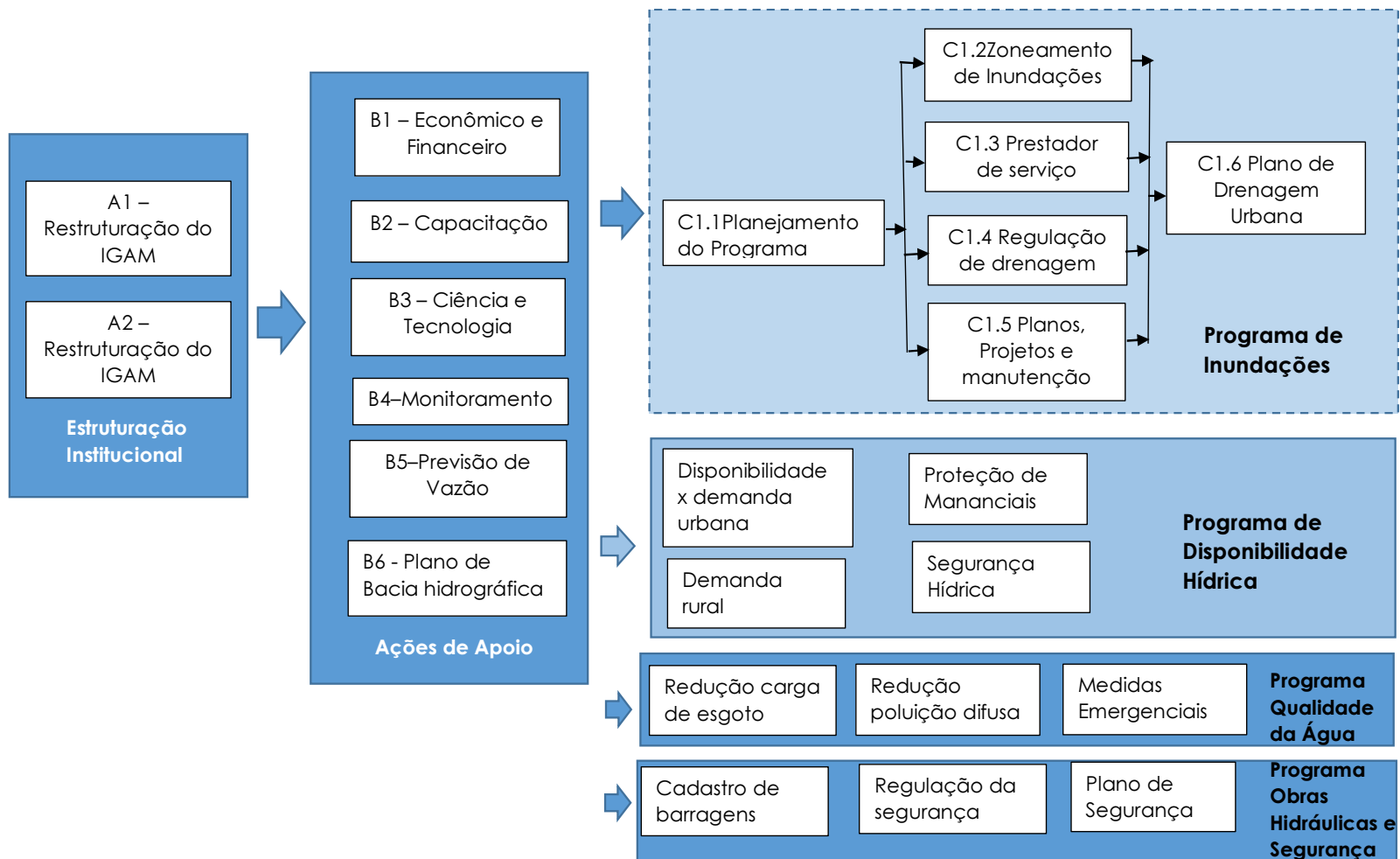


Figura 37: Fluxograma das Ações.

## 7.5 AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Na tabela abaixo é apresentada a estimativa do custo das atividades. Na terceira coluna é apresentada a estimativa de custo para o primeiro ano e na última coluna o custo total.

Pode-se observar que em algumas destas atividades não foram previstos recursos porque espera-se que as mesmas sejam desenvolvidas com recursos próprios e funcionários do Estado. Mesmo para atividades que foram previstos recursos, estas atividades se baseiam na disponibilidade de equipe dentro do Estado.

As atividades de planejamento e gestão são as que envolvem menos recursos, enquanto que atividades que envolvem planejamento e implementação de infraestrutura são as que envolveram maiores recursos.

Os três grandes investimentos se referem ao controle das inundações na drenagem urbana das cidades, redução da carga de esgoto para melhoria da qualidade da água e complementação do abastecimento de água para redução do risco de disponibilidade hídrica. A estimativa do custo destes investimentos se baseou em indicadores macros e estão sujeitos a uma incerteza da ordem de 30%.

Para abastecimento de água, estimou-se que 10% da população urbana não é atendida e 50% na área rural. Com base na população e em indicadores de custos, obteve-se o custo final, acrescido de 10% para planejamento, projeto e acompanhamento do projeto.

Para esgotamento sanitário foi considerado apenas o tratamento de esgoto da população urbana com déficit de 65% da população urbana. Também foram usados critérios, como descritos acima, de custo unitário e custo de gestão dos projetos.

Para drenagem urbana, que se insere dentro dos Planos de Drenagem Urbana das cidades, visando o controle dos impactos devido à ocupação urbana, estimou-se o valor com base na área urbana do total das cidades e no custo unitário esperado por km<sup>2</sup> de bacia urbana.

Estas estimativas possuem algumas limitações quanto à efetiva avaliação da infraestrutura existente e variações de custos de acordo com a realidade física de cada cidade e a eficiência do desenvolvimento dos projetos. No entanto, espera-se que a incerteza esteja dentro do mencionado acima.

Este investimento pode ser realizado de acordo com o tamanho das cidades. Na tabela 32, é apresentada a distribuição das cidades de acordo com a população no Estado.

Tabela 31 - Estimativa de custos das atividades.

| Código | Título                                                       | Custo do primeiro Ano (R\$ milhões) | Custo total (R\$ milhões) |
|--------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| ME     | <b>Medidas Emergenciais</b>                                  | 2,5                                 | 5,0                       |
| A      | <b>Estruturação Institucional</b>                            |                                     |                           |
| A1     | Reestruturação do IGAM                                       |                                     |                           |
| A2     | Revisão da regulação de funcionamento do IGAM                |                                     |                           |
| B      | <b>Ações de Apoio</b>                                        |                                     |                           |
| B1     | Bases Econômicas e Financeiras                               | 0,25                                | 0,25                      |
| B2     | Capacitação                                                  | 0,35                                | 1,15                      |
| B3     | Ciência e Tecnologia                                         | 0                                   | 0                         |
| B4     | Monitoramento                                                | 1,5                                 | 3,5                       |
| B5     | Previsão de Vazão                                            | 1,0                                 | 3,0                       |
| B6     | Plano de Bacia Hidrográfica                                  | 0,05                                | 0,05                      |
| C1     | <b>Programa de Inundações</b>                                |                                     |                           |
| C1.1   | Planejamento do Programa                                     | 0,1                                 | 0,1                       |
| C1.2   | Zoneamento de áreas de inundação                             | 1,0                                 | 10,0                      |
| C1.3   | Serviços de Drenagem Urbana                                  | 0,6                                 | 6,0                       |
| C1.4   | Regulação de Drenagem Urbana                                 | 0,3                                 | 2,0                       |
| C1.5   | Planos, Projetos e Manutenção                                | 0,2                                 | 1,0                       |
| C1.6   | Plano de Drenagem Urbana                                     | 5,0                                 | 6.900,0                   |
| C2     | <b>Programa de Estiagens e Secas</b>                         |                                     |                           |
| C2.1   | Disponibilidade x demanda nas cidades                        | 0,5                                 | 990                       |
| C2.2   | Atendimento da demanda rural                                 | 0,5                                 | 831,6                     |
| C2.3   | Gestão da segurança hídrica                                  | 0,2                                 | 10,0                      |
| C2.4   | Proteção de manancial                                        | 0,2                                 | 2,0                       |
| C3     | <b>Programa de Recuperação de Qualidade da Água</b>          |                                     |                           |
| C3.1   | Redução da carga dos efluentes domésticos                    | 1,0                                 | 21.200                    |
| C3.2   | Redução da poluição difusa                                   | 1,0                                 | 10,0                      |
| C3.3   | Medidas Emergenciais                                         | 1,0                                 | 5,0                       |
| C4     | <b>Programa de Obras Hidráulicas e Segurança de barragem</b> |                                     |                           |
| C4.1   | Cadastro de Barragens                                        |                                     | 11,0                      |
| C4.2   | Regulamentação da segurança de barragem no Estado            |                                     | 0,5                       |
| C4.3   | Plano Estadual de Segurança de Barragens                     |                                     | 3,0                       |
|        | Totais                                                       | 17,25                               | 29.985,15                 |

O valor final do conjunto de ações é da ordem de R\$ 30 bilhões, representando da 6,23 % do PIB Estadual. Considerando como previsto um investimento em 15 anos o custo anual seria de 0,41% do PIB Estadual, para um investimento uniforme.

Na tabela 32, pode-se observar que 10% a da população do Estado está concentrada em cidades acima de 500 mil habitantes e 50% da população

está cidades acima de 100 mil habitantes. Estas são as áreas mais impactadas que necessitariam 50% dos recursos.

Os investimentos de infraestrutura de esgotamento sanitário e drenagem que geram impactos podem iniciar pelas cidades maiores, enquanto abastecimento de água seria distribuído de acordo com a vulnerabilidade a disponibilidade hídrica.

Tabela 32 - Distribuição dos principais investimentos por cidades

| <b>Classes por população</b> | <b>Número de cidades</b> | <b>População (%)</b> | <b>Abastecimento (R\$ bilhões)</b> | <b>Esgoto (R\$ bilhões)</b> | <b>Drenagem (R\$ bilhões)</b> | <b>Total (R\$ bilhões)</b> |
|------------------------------|--------------------------|----------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 1 milhão a 500 mil           | 3                        | 10,01                | 182,2                              | 2122,8                      | 693,7                         | 2998,7                     |
| 500 mil a 100 mil            | 25                       | 25,6                 | 466,0                              | 5429,0                      | 1774,1                        | 7669,1                     |
| 100 mil a 50 mil             | 37                       | 15,34                | 279,2                              | 3253,2                      | 1063,1                        | 4595,5                     |
| 50 mil a 20mil               | 112                      | 19,16                | 348,8                              | 4063,3                      | 1327,8                        | 5739,9                     |
| <20mil                       | 677                      | 29,89                | 544,1                              | 6338,8                      | 2071,4                        | 8954,3                     |
| Total                        | 854                      | 100                  | 1820,3                             | 21207,2                     | 6930,0                        | 29957,5                    |



## 8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A segurança hídrica é entendida aqui como a gestão de eventos críticos dentro do contexto do desenvolvimento dos recursos hídricos. Estes eventos envolvem condições excepcionais quando o risco dos projetos é atingido e representam as situações de emergências.

Neste estudo, foram abordadas as vulnerabilidades das condições de projeto e de emergência dos eventos críticos que foram caracterizados aqui dentro do seguinte: inundações ribeirinhas e drenagem urbana, disponibilidade hídrica x demanda em cenários de secas, qualidade da água em condições de disponibilidade crítica e desastres relacionados com as obras hidráulicas.

### 8.1 DIAGNÓSTICO

A Lei de Recursos Hídricos foi aprovada em 1997 e a legislação de saneamento em 2007. A primeira abordou a gestão de eventos críticos nos seus objetivos, mas não incorporou as ações para atuar sobre o assunto, enquanto que a segunda incorporou a gestão de inundações e drenagem urbana em um dos seus serviços, mas abordou de forma limitada o planejamento e ações relacionado com os eventos críticos e não integrou o universo nas bacias hidrográficas e das cidades.

Estas deficiências fazem com que a gestão de recursos se perca em muito processo e pouco resultado para a sociedade, sem benefícios palpáveis, já que não foram traçadas metas quantitativas, indicadores para atingir estas metas e falta de investimentos.

Os prejuízos anuais devido aos eventos críticos se distribuem no Estado pela falta de água e inundações frequentes, qualidade de água ruim e risco de rompimento de barragens, como a que ocorreu recentemente em Mariana. Nas inundações, estes prejuízos representam da ordem de R\$ 2 bilhões por ano, a poluição resulta em ambientes deteriorados e transmissão de doenças e o rompimento de barragens pode chegar a prejuízos incalculáveis.

O diagnóstico apresentado neste capítulo mostra que a gestão sustentável se inicia com instituições fortes e capacitadas, como condição necessária para atuar sobre o assunto de forma integrada, abrangente e permanente.

#### **Inundações**

A atuação sobre as inundações é fragmentada por várias instituições e não se conhece, de forma clara, os impactos quantitativos das inundações em áreas urbanas e rurais.

Os instrumentos de planejamento, como o Plano de Bacia Hidrográfica, não abordam a gestão de inundações ribeirinhas nas cidades. Da mesma forma,

as cidades não possuem uma gestão de drenagem urbana que possa estabelecer serviços e produtos sustentáveis ao longo do tempo, mitigando os impactos criados pelo desenvolvimento urbano.

Não existem programas de prevenção, preparação, emergência apropriados para mitigar e adaptar a população aos eventos críticos de inundação no Estado.

### **Disponibilidade Hídrica**

Existem regiões como Jequitinhonha e São Francisco–Verde Grande e outros (bacia 43) onde a disponibilidade hídrica é baixa e o atendimento da disponibilidade hídrica está em risco, devido a secas e falta de infraestrutura.

No São Francisco, rio das Velhas (bacia 41) o risco está associado à grande demanda de água e poluição dos mananciais por falta de tratamento de efluentes.

Existe um número importante de cidades, com vulnerabilidade à disponibilidade hídrica em nível de projeto, que necessitam de planejamento de atendimento, dentro de um horizonte adequado.

Não existe uma política de gestão de secas ou eventos críticos de estiagem, com visão preventiva destes eventos e medidas emergenciais para reduzir estes riscos.

### **Qualidade da água**

Os impactos na qualidade da água ocorrem principalmente devido às áreas urbanas, em razão do ciclo de contaminação das cidades por falta de tratamento de efluentes. Praticamente todas as áreas urbanas mostram qualidade da água ruim nos rios próximos da cidade.

A qualidade da água fora dos centros urbanos tende a mostrar concentrações melhores, mas não existe monitoramento que avalie a poluição difusa, típica de áreas rurais e mesmo a poluição difusa das cidades. Para isto, é necessário um programa de monitoramento diferenciado, baseado em amostras de bacias e locais que permitam identificar as concentrações no início dos eventos chuvosos, quando as concentrações são mais altas e, portanto, produzem impactos no rio.

### **Desastres de obras hidráulicas**

Cabe às entidades de regulação, nos níveis estaduais e federal, o acompanhamento do atendimento dos preceitos legais de controle das barragens do Estado, para reduzir o número de rompimentos e os prejuízos decorrentes.

Este processo está bastante fragmentado com DNIT, ANA, ANEEL, IGAM, FEAM, em função da jurisdição e do tipo de barragem e uso dentro do cenário

de gestão. Apesar de uma legislação unificada, a fragmentação pode gerar diferentes tipos de ações que se diferenciam em termos de acompanhamento quanto ao atendimento dos Planos, em seus termos de referência e resultados.

## **8.2 ESTRATÉGIA**

A estratégia desenvolvimento neste estudo se baseou em quatro componentes:

- Institucional;
- Ações de apoio;
- Programas: inundações, estiagens e secas, qualidade da água e obras hidráulicas e segurança de barragens;
- Plano de ação.

Para cada um dos componentes foram propostas atividades que visam construir a gestão de complementação das deficiências setoriais e de segurança hídrica para o Estado. Foram previstas 25 ações distribuídas a curto, médio e longo prazos, visando atuar na redução dos impactos da sociedade a eventos críticos.

No âmbito institucional, foram previstas ações para criar uma base de gestão para o IGAM atuar sobre os programas e permitir atuar junto aos comitês e municípios.

Nas ações de apoio, foram definidos mecanismos econômicos de apoio aos programas, investimentos nas ações e oportunidades de financiamento dos planos e projetos no Estado. Também foram definidas ações de capacitação para os profissionais, decisores e população, quanto à gestão de segurança hídrica. Foram contempladas as pesquisas com definições de editais e rede pesquisa sobre temas de interesse da segurança hídrica. Finalmente dentro das ações apoio o fortalecimento do monitoramento, pelo seu aprimoramento e amplificação do sistema.

No programa de inundações, foram previstas ações de aprimoramento dos Planos de Drenagem das cidades, desenvolvimento de zoneamento de inundações, regulação da drenagem e implantação dos serviços de drenagem e manuais e padrões para apoio a municípios e comitês de bacia.

No programa de secas e estiagem, procura-se inicialmente reduzir a vulnerabilidade a estes eventos críticos em áreas urbanas e rurais, para depois atuar na segurança hídrica destes eventos, além desenvolver medidas preventivas, com base em mecanismos econômicos.

No programa de gestão da qualidade da água, o principal problema é a redução da carga de efluentes de esgoto doméstico sobre os rios. Apesar da COPASA atuar sobre a maioria das cidades do Estado, é necessário estabelecer uma estratégia dentro de um horizonte definido para a recuperação dos rios

pela redução das cargas, viabilizando o enquadramento dos rios. Também foram previstas a gestão de segurança hídrica e medidas preventivas para buscar mais sustentabilidade dos rios do Estado e conservação dos ambientes aquáticos.

No programa de obras hidráulicas e segurança de barragem existem ações que devem ser tomadas dentro do âmbito das bacias do Estado para regulação sobre a segurança de barragens. Foram previstos o cadastro das barragens, a regulação em nível estadual e um plano de segurança em nível de estado para prevenir desastres maiores.

Esta estratégia deve ser entendida como o passo inicial de um processo longo que deve buscar reduzir a vulnerabilidade do Estado a eventos extremos e permitir uma sustentabilidade da gestão de recursos hídricos dentro de uma visão de longo prazo. Esta estratégia envolve a construção gradual das ações com capacitação da equipe do IGAM e de outras entidades do Estado, o desenvolvimento tecnológico e monitoramento das variáveis hidrológicas, além da previsão em tempo real, para prever eventos e reduzir os riscos.

O Estado está desenvolvendo o Plano Estadual de Saneamento, que deve englobar parte importante dos investimentos e com valores atualizados. Neste Plano devem ficar as ações de segurança hídrica que não foram previstas no Plano Estadual de Saneamento. Estes elementos foram introduzidos neste Plano até que os mencionados instrumentos de planejamento sejam integrados.

### **8.3 RECOMENDAÇÕES**

A preparação desta estratégia deve ser revista ao longo da sua implementação, visando a correções em função da própria experiência do IGAM com as ações e seus resultados.

A base deste programa é a qualificação técnica do Estado nas suas entidades. Portanto, o programa de capacitação é central neste processo, da mesma forma que o monitoramento das variáveis hidrológicas.

A reestruturação do IGAM é fundamental para que este processo seja desenvolvido. Na construção da gestão, é importante que os funcionários de Estado tenham um rodízio dentro dos setores da entidade, para criar capacidade interdisciplinar e evitar grupos e divisões dentro da entidade.

## REFERÊNCIAS

- ALEXIEVA, T., 2011. State of Practice. USSD Workshop on Dam Break Analysis Applied to Tailing Dams. August 24-26 2011
- ANA, 2011, Plano Nacional de Recursos Hídricos: Prioridades 2012-2015. Agência Nacional de Águas. Brasília. 124p.
- ANA, 2012. Resolução n. 91 de 2 de abril de 2012.
- ANA, 2014. *Atlas de Vulnerabilidade a Inundações*. ANA, Agência Nacional das Águas, Brasília. 14pg.
- ANA, 2015a. *Plano Nacional de Segurança Hídrica – PNSH* Agência Nacional de Águas, julho de 2015. (apresentação power point)
- ANA, 2015b. Atlas de abastecimento urbano de água. Agência Nacional de Águas Brasília ([www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)).
- ANA, 2015c. Relatório de segurança de barragens Agência Nacional das Águas.
- ANA, 2015d Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2014. Agência Nacional de Recursos Hídricos. Brasília.
- ARNELL, N. W.; GOSLING, S. N. (2013) The impacts of climate change on river flow regimes at the global scale. *Journal of Hydrology* 486 p. 351–364.
- Association of State Dam Safety Officials, 2000. Summary of State Laws and Regulations on Dam Safety. ASDSO. 168p.
- AZAM, S; LI, Q., 2010. Tailing Dams Failures: A review of the last one hundred years. *Waste Geotechnics* p 50-53 dezembro.
- BATES, B. C., KUNDZEWICZ, Z. W., WU, S., AND PALUTIKOF, J. P. (Eds.) 2008 Climate Change and Water, Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.
- BECKER, A. 1992. Criteria for a hydrologically sound structuring of large scale land surface process models. In: *Advance in Theoretical Hydrology a tribute to James Dooge J P O' Kane* (ed) cap7. Elsevier.
- BRASIL, 2010. Lei 12.334 de 20 de setembro de 2010.
- BRASIL, 2012. Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais. Governo do Brasil apresentações power point.
- CNRH, 2012. Resolução n. 143 de 10 de julho de 2012.
- CNRH, 2012. Resolução n. 144 de 10 de julho de 2012.
- DIAS, J., 2012 *Caracterização do Serviço Manejo de Águas Pluviais nos municípios contemplados no PAC Monografia* apresentada ao Curso de Especialização em Gestão e Tecnologia do Saneamento, da Escola Nacional de Saúde Pública e Ministério das Cidades. Brasília.
- DNPM, 2012. Portaria n. 416 de 3 de setembro de 2012
- DNPM, 2012. Portaria n. 526 de 9 de dezembro de 2013

- EMBRAPA, 2009.
- FEAM, 2014 *Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas Gerais: Diretrizes para o processo participativo*. Fundação Estadual de Meio Ambiente
- FEMA, 2013. Federal Guidelines for Dam Safety – Emergency Action Planning for Dams. FEMA 64 – July 2013.
- FERC (Federal Energy Regulatory Commission). 1988. USA Federal Regulatory Commission – Notice of Revised Emergency Action Plan Guidelines.
- FERC. 1987, revised 1993. Engineering Guidelines for the Evaluation of Hydropower Projects.
- IBGE, 2010 Pesquisa Nacional de Saneamento 2008. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- ICOLD European Group, 2012 Working group on Safety of existing dams Report. 54pg
- IGAM, 2011. Plano Estadual de Recursos Hídricos resumo executivo Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Volumes I e II.
- IGAM, 2015. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DE MINAS GERAIS EM 2014. Resumo executivo. Instituto de Mineiros de Gestão das Águas.
- IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis-Working Group I Contribution to the IPCC Fourth Assessment Report. Intergovernmental Panel for Climate Change.
- ISDR, 2005 \_ Introduction – International Strategy of Disaster Reduction <http://www.unisdr.org/disaster-statistics/introduction.htm>
- JOHNSON, F.A., AND P. ILLES. 1976. A Classification of Dam Failures. International Water Power and Dam Construction. December.
- MACDONALD, Thomas C., and LANGRIDGE-MONOPOLIS, Jennifer. 1984. *Breaching Characteristics of Dam Failures*, ASCE Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 110, No. 5, 567-586.
- MEDIONDO, M.; TUCCI, C.E.M., 1997. Escala Hidrológica I: Conceitos, Revista Brasileira de Recursos Hídricos V 2 N.1 p59-79 (E,P)
- MG, 2015. Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado Desenvolvimento econômico e social sustentável de Minas Gerais: 2015- 2027 Redução das desigualdades sociais e regionais Governo de Minas Gerais. 3 volumes
- MINAS GERAIS. Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999. Dispõe sobre a Gestão de Recursos Hídricos.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016a. *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014 Secretaria de Saneamento Ministério das Cidades, Brasília*.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016b. *Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos – 2014 Secretaria de Saneamento Ministério das Cidades, Brasília*.
- SEMAD, 2015. Atlas de vulnerabilidade às inundações Minas Gerais 2015/ Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. --

- Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2015. 40p. : il.
- SILVA JR, O.B.; BUENO, E. O. ; TUCCI, C.E.M; CASTRO, N.M.R., 2003. Extrapolação espacial na regionalização de vazão in: RBRH Revista Brasileira de Recursos Hídricos Porto Alegre RS ABRH Vol 8 n.1 jan/mar) 21-37 p.
- TUCCI, C.E.M. 2002 Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos ANA Agência Nacional de Água, Brasília 150 p.
- TUCCI, 2007. Inundações Urbanas. ABRH Rhama. 320p.
- TUCCI, C.E.M., 2014 Geração de Conhecimentos em Recursos Hídricos para adaptação as mudanças climáticas no Brasil. CGEE ANA Rhama.
- WRACHIEN, D.; MAMBRETTI, S. 2009 Dam-break problems, solutions and case studies. WIT Press. Southampton. 334pp.
- WWAP,2005 – Managing Risks - World Water Assessment Programme [www.unesco.org/water/wwap/facts\\_figures/managing\\_risks.shtml](http://www.unesco.org/water/wwap/facts_figures/managing_risks.shtml). access September 21, 2005.
- WWAP, 2006 Water a shared Responsibility UNESCO World Water Development Report 2 565p.

## ANEXO A - CARACTERÍSTICAS DA POPULAÇÃO POR MESO E MICRO REGIÃO DO ESTADO PARA O CENSO DE 2010

Tabela 33 - População em 1000 das regiões de Minas Gerais

| <b>Meso</b>                       | <b>Micro</b>                | <b>Urbana</b> | <b>Rural</b> | <b>Total</b> | <b>%</b> |
|-----------------------------------|-----------------------------|---------------|--------------|--------------|----------|
| Noroeste                          | Unai                        | 110,2         | 38,6         | 148,8        | 74,1     |
|                                   | Paracatu                    | 176,4         | 41,2         | 217,6        | 81,1     |
| Norte                             | Januária                    | 311,1         | 210,5        | 521,6        | 59,6     |
|                                   | Salinas                     | 120,5         | 90,2         | 210,8        | 57,2     |
|                                   | Pirapora                    | 139,0         | 25,9         | 164,9        | 84,3     |
|                                   | Montes Claros               | 478,5         | 123,4        | 601,9        | 79,5     |
|                                   | Grão Mongol                 | 18,8          | 23,8         | 42,7         | 44,1     |
|                                   | Bocaiuva                    | 50,4          | 18,2         | 68,6         | 73,5     |
|                                   |                             |               |              |              |          |
| Jequitinhonha                     | Diamantina                  | 63,2          | 19,5         | 82,7         | 76,4     |
|                                   | Capelinha                   | 107,0         | 90,5         | 197,5        | 54,2     |
|                                   | Araçuaí                     | 53,4          | 67,1         | 120,4        | 44,3     |
|                                   | Pedra Azul                  | 59,9          | 23,2         | 83,1         | 72,0     |
|                                   | Almenara                    | 128,2         | 51,4         | 179,7        | 71,4     |
| Vale do Mucuri                    | Teófilo Otoni               | 169,7         | 96,9         | 266,7        | 63,7     |
|                                   | Nanuque                     | 91,2          | 27,6         | 118,8        | 76,8     |
|                                   | Ituiutaba                   | 131,0         | 12,3         | 143,3        | 91,4     |
| Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba | Uberlândia                  | 777,0         | 43,2         | 820,2        | 94,7     |
|                                   | Patrocínio                  | 166,2         | 31,5         | 197,7        | 84,0     |
|                                   | Patos de Minas              | 220,7         | 32,5         | 253,2        | 87,2     |
|                                   | Frutal                      | 150,6         | 29,0         | 179,5        | 83,9     |
|                                   | Uberaba                     | 332,3         | 13,7         | 346,0        | 96,0     |
|                                   | Araxá                       | 182,3         | 22,1         | 204,4        | 89,2     |
| Central Mineira                   | Três Marias                 | 85,0          | 11,8         | 96,8         | 87,8     |
|                                   | Curvelo                     | 124,5         | 26,2         | 150,7        | 82,6     |
|                                   | Bom Despacho                | 150,9         | 14,3         | 165,2        | 91,3     |
| RMBH                              | Sete Lagoas                 | 347,7         | 46,2         | 393,9        | 88,3     |
|                                   | Conceição do Mato de Dentro | 46,8          | 37,8         | 84,6         | 55,3     |
|                                   | Pará de Minas               | 111,6         | 11,8         | 123,4        | 90,5     |
|                                   | Belo Horizonte              | 4708,6        | 63,9         | 4772,6       | 98,7     |
|                                   | Itabira                     | 427,0         | 56,7         | 483,8        | 88,3     |
|                                   | Itaquara                    | 35,1          | 26,3         | 61,4         | 57,1     |
|                                   | Ouro preto                  | 153,4         | 20,4         | 173,8        | 88,3     |
|                                   | Conselheiro Lafaiete        | 219,1         | 28,1         | 247,3        | 88,6     |
| Vale do Doce                      | Guanhães                    | 79,9          | 51,1         | 131,0        | 61,0     |
|                                   | Peçanha                     | 22949,2       | 4193,9       | 27143,1      | 84,5     |
|                                   | Governador Valadares        | 359,3         | 56,4         | 415,7        | 86,4     |



|                  |                         |       |       |       |      |
|------------------|-------------------------|-------|-------|-------|------|
|                  | Mantena                 | 45,0  | 18,2  | 63,2  | 71,2 |
|                  | Ipatinga                | 497,0 | 29,8  | 526,8 | 94,3 |
|                  | Caratinga               | 180,5 | 72,9  | 253,4 | 71,2 |
|                  | Aimorés                 | 100,5 | 48,9  | 149,4 | 67,3 |
| Oeste de Minas   | Piui                    | 66,2  | 15,4  | 81,6  | 81,1 |
|                  | Divinópolis             | 447,1 | 36,4  | 483,5 | 92,5 |
|                  | Formiga                 | 131,4 | 20,7  | 152,2 | 86,4 |
|                  | Campo Belo              | 96,3  | 15,5  | 111,8 | 86,2 |
| Campo Belo       | Oliveria                | 101,6 | 24,4  | 126,0 | 80,6 |
| Sul/Sudoeste     | Passos                  | 196,7 | 29,7  | 226,4 | 86,9 |
|                  | S. Sebastião do Paraíso | 214,3 | 51,5  | 265,8 | 80,6 |
|                  | Alfenas                 | 184,5 | 40,9  | 225,4 | 81,9 |
|                  | Varginha                | 377,6 | 63,5  | 441,1 | 85,6 |
|                  | Poços de Caldas         | 284,5 | 57,6  | 342,1 | 83,2 |
|                  | Pouso Alegre            | 255,4 | 77,2  | 332,7 | 76,8 |
|                  | Santa Rita do Sapucaí   | 103,2 | 37,0  | 140,2 | 73,6 |
|                  | S. Lourenço             | 171,0 | 37,3  | 208,3 | 82,1 |
|                  | Andrelândia             | 56,8  | 17,1  | 73,9  | 76,9 |
|                  | Itajuba                 | 139,5 | 49,7  | 189,2 | 73,7 |
| Campos Vertendes | Lavras                  | 132,8 | 16,9  | 149,7 | 88,7 |
|                  | S. João del Rei         | 154,5 | 28,2  | 182,7 | 84,6 |
|                  | Barbacena               | 181,4 | 40,6  | 222,0 | 81,7 |
| Zona da Mata     | Ponte Nova              | 132,4 | 54,7  | 187,1 | 70,8 |
|                  | Manhuaçu                | 171,0 | 102,9 | 273,8 | 62,4 |
|                  | Viçosa                  | 147,1 | 92,8  | 239,9 | 61,3 |
|                  | Muriaré                 | 206,9 | 69,1  | 276,0 | 75,0 |
|                  | Uba                     | 226,5 | 43,2  | 269,7 | 84,0 |
|                  | Juiz de Fora            | 682,4 | 42,6  | 724,9 | 94,1 |
|                  | Cataguases              | 194,0 | 22,6  | 216,6 | 89,6 |

## ANEXO B – TERMINOLOGIA

### B.1 INUNDAÇÃO

Nos rios existem dois leitos principais, o leito menor e o leito maior. O leito menor é a parte da seção de escoamento onde o rio, canal, conduto ou lago mantem a água na maior parte do tempo<sup>40</sup> (figura 38). O leito maior é a parte da área da seção que a água ocupa em eventos pouco frequentes<sup>41</sup>. As *inundações ribeirinhas* são definidas como a *inundação predominantemente natural*, que ocorre quando o rio ocupa o seu leito maior (várzea) durante excesso de precipitação. Podem ocorrer em bacias de qualquer tamanho. Tanto a drenagem urbana como as inundações ribeirinhas são chamadas de *escoamento de águas pluviais*.

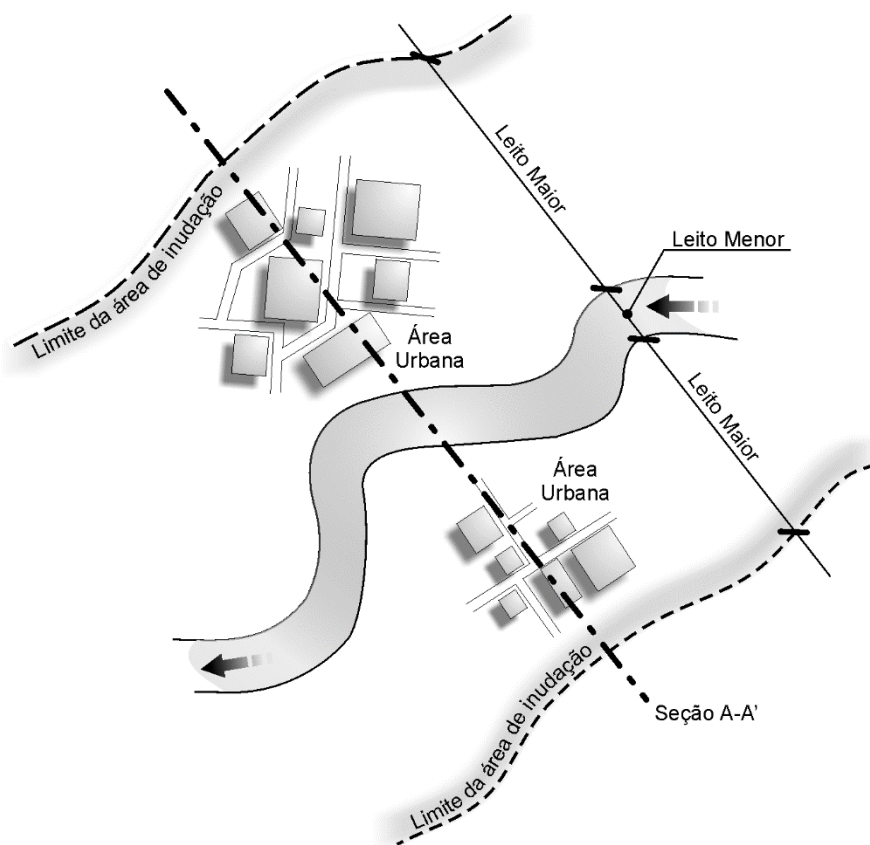


Figura 38: Características do leito menor e leito maior dos rios.

Estes dois processos podem ocorrer simultaneamente numa bacia e num afluente, dependendo dos condicionantes de urbanização encontrados. A

<sup>40</sup> Praticamente todos os dias do ano.

<sup>41</sup> O leito maior tem sido definido com a área inundada com frequência, em média, uma vez a cada T anos, onde T pode variar de 1,5 a 2. Esta característica ocorre principalmente em rios aluvionares.

importância da diferenciação entre os tipos de inundações se deve às causas, efeitos e controle, mitigação ou adaptação<sup>42</sup>.

A *inundação na drenagem urbana* é decorrência do aumento do volume do escoamento superficial pela impermeabilização do solo, aumento da velocidade por canalização e condutos e obras inadequadas de urbanização que transferem inundações dentro das cidades. Este tipo de inundação é mais frequente em bacias menores em função dos efeitos mencionados da ocupação urbana. A *inundação ribeirinha* é um processo natural em que o rio inunda o seu leito maior devido a um escoamento superior à capacidade do leito menor. Neste cenário, o impacto ocorre sobre a população, infraestrutura públicas, residências, comércio e indústria que ocupou a área de risco do leito maior. O processo de ocupação ocorre por um período longo quando ocorrem inundações menores, o problema se agrava com o retorno de inundações de maior magnitude.

Outros termos utilizados para retratar a inundação, são: cheias, alagamento e enchentes. Os dicionários retratam todos estes termos como sinônimos. Termos como cheia e enchente têm relação histórica com os períodos de maré de cheia e vazante da maré, além da definição acima. Na terminologia inglesa são usados: “*Floods*” definido como a ocupação de água por terrenos usualmente secos (Diretiva Europeia); “*Storm*” para o evento chuvoso; “*Stormwater*” para o escoamento devido a um evento chuvoso, termo utilizado para drenagem urbana nos Estados Unidos. “*Pluvial floods*” é o termo utilizado na Europa para drenagem urbana.

## B.2 SECAS, ESTIAGEM, DISPONIBILIDADE HÍDRICA

A **disponibilidade hídrica** é a quantidade de água disponível num determinado local. Pode ser superficial ou subterrâneo. A disponibilidade superficial está associada a um volume ou vazão que pode ser retirado do corpo d’água. A disponibilidade hídrica de um rio pode ser natural ou regularizada. A disponibilidade hídrica natural é obtida para uma estatística da série de vazões. Em Minas Gerais, utiliza-se a vazão  $Q_{7,10}$ , que é a vazão mínima média de 7 dias com risco de 10 anos. Admite-se que este valor represente as

---

<sup>42</sup> Controle, mitigação e adaptação são termos que podem ser usados de forma análoga. Usa-se controle ou ainda medida (outra nomenclatura) para expressar que foi adotada uma ação para mitigar o *impacto social, ambiental e econômico*. Mitigação pode ser usado para ações que reduzam ou eliminem os *riscos* dos eventos (como redução do efeito das mudanças climáticas) e adaptação a medidas para aumentar a *resiliência* aos eventos. Todos os conceitos possuem superposições. O impacto se refere a perdas: sociais, ambientais e econômicas; o risco está relacionado a probabilidade de ocorrência. Resiliência está relacionado à capacidade que a população possui para resistir ao evento e se recuperar.

condições de disponibilidade hídrica sem regularização. Outros Estados e a nível nacional utiliza-se a  $Q_{95}$ , que é a vazão de 95% da curva de permanência.

A disponibilidade hídrica regularizada é obtida pelo uso de um reservatório para regularizar a vazão neste reservatório. No estado de Minas Gerais, com precipitações da ordem de 1300 a 1600 mm, a vazão média esperada é da ordem de 20 L/s/km<sup>2</sup> e a vazão potencial de regularização é de 60 a 70% desta vazão. Para as regiões semiáridas este valor cai para 25% da média e a média cai para valores da ordem de 4 L/s/km<sup>2</sup>.

A **estiagem** é um fenómeno climático causado pela insuficiência de precipitação num certo período, representa valores de precipitação e vazão abaixo da média. A magnitude e a duração da estiagem são determinadas pelo tempo em que a mesma ocorre.

A **seca** é um período longo de estiagem, representando uma situação permanente que impacta a demanda de água.

Estas definições são qualitativas e para caracterizar melhor o período seco é importante introduzir os conceitos de sazonalidade e interanualidade. Uma estiagem tende a ser sazonal, ou seja, ocorre dentro das estações do ano, quando as vazões ficam abaixo da média. De outro lado, a interanualidade envolve uma sequência de anos abaixo da média. Existem reservatórios que possuem volume pequeno, que atendem às estiagens sazonais, e outros com volume maior, que possuem capacidade de regularizar e atender secas de sequências de ano. Existe também a tendência de seca interdecadal, que representa uma variabilidade de longo prazo de algumas décadas.

A disponibilidade hídrica subterrânea é baseada na capacidade de exploração da vazão subterrânea do aquífero e do balanço da sua recarga. Numa determinada área não é possível outorgar mais do que a recarga do aquífero para evitar a falta de sustentabilidade do aquífero. Esta regra é válida para sistemas com tempo de residência baixo e com recarga.

Escassez é um termo utilizado para definir a disponibilidade de água para uso. A escassez pode ocorrer por quantidade ou qualidade da água. A escassez de água por quantidade é quando a demanda é superior à disponibilidade.

A escassez qualitativa da água ocorre quando a disponibilidade hídrica não possui qualidade suficiente para um determinado uso. Em regiões onde a qualidade da água é muito baixa, a escassez de água ocorre por falta de qualidade e não de quantidade de água.

### B.3 RISCO E INCERTEZA

A gestão de eventos críticos<sup>43</sup> envolve a gestão do risco de ocorrência destes eventos em recursos hídricos. A estimativa do risco está sujeita a incerteza<sup>44</sup> dos dados usados na sua estimativa. O risco é obtido com base em séries de precipitação, evapotranspiração e vazão que ocorreram e a metodologia estabelece que estas séries são representativas do futuro.

A incerteza pode ocorrer devido ao erro na obtenção das informações, na falta de representatividade das amostras e da não estacionalidade. Os erros na obtenção de dados podem produzir dados tendenciosos e levar a estimativas erradas da probabilidade de segurança de um projeto. A falta de representatividade de uma amostra de um evento climático ocorre quando na série de dados não existem eventos críticos que representem de forma adequada a probabilidade da população de eventos do local em estudo. Esta probabilidade pode estar subestimada, levando a aumentar o risco do projeto ou superestimada, levando ao aumento do investimento para a obtenção de uma segurança excessiva.

### B.4 ELASTICIDADE HIDROLÓGICA

A relação entre as variáveis de entrada e saída dos sistemas hidrológicos apresentam um comportamento não-linear em função dos diferentes subsistemas e características do sistema físico. Geralmente a precipitação, sua distribuição temporal e espacial é a principal variável de entrada. A evaporação apresenta menor variabilidade e menor efeito nas regiões mais úmidas. Na Figura 39 é apresentado como exemplo a variabilidade relativa de precipitação, evaporação e vazão onde se observa que as anomalias (variação com relação a média) variam de acordo com o tipo da variável e suas características.

A alteração da precipitação apresenta impacto relativo diferenciado sobre a vazão da bacia hidrográfica (efeito de elasticidade ou de amplificação). Observa-se nos dados (figura 36) que, nos anos com valores extremos (inundações e secas), a resposta da bacia se amplifica (anomalia) com relação a variação adimensional da precipitação. Esta condição ocorre devido à proporcionalidade com que os valores de precipitação se relacionam com os de vazão. Nos anos mais úmidos, o aumento de precipitação produz maior aumento da vazão já que a infiltração aumenta pouco e a evapotranspiração potencial diminui pelo aumento da chuva, o que aumenta proporcionalmente mais o escoamento. No sentido contrário, nos anos secos, a

---

<sup>43</sup> Eventos extremos em recursos hídricos estão relacionados com a limitada disponibilidade hídrica de quantidade e qualidade ou de inundações.

<sup>44</sup> Risco escolhido é uma probabilidade de ocorrência de um evento que não possui uma explicação determinística. A incerteza é o erro na determinação do risco.

redução de precipitação produz aumento da evapotranspiração, que reduz em maior magnitude a vazão. Portanto, a anomalia da vazão (resposta da bacia hidrográfica) amplifica os efeitos da anomalia de precipitação nos anos extremos.

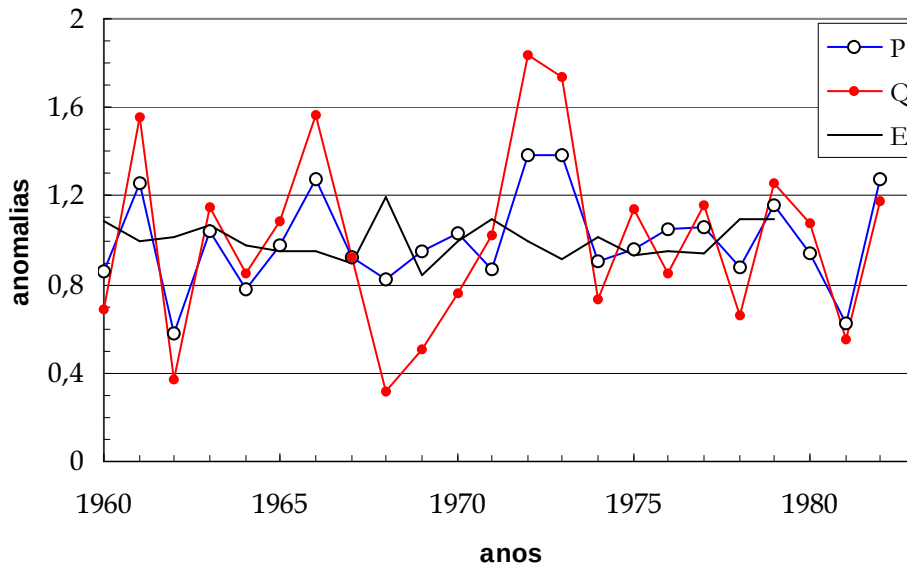


Figura 39: Variabilidade de anomalias de precipitação (P/Pm), evaporação (E/Em) e vazão (Q/Qm) de um afluente do rio Uruguai (rio Faxinal)

Em climas semiáridos, o efeito combinado da diminuição da precipitação e aumento da evapotranspiração potencial é significativo e o escoamento deve ser analisado através da combinação de efeitos destas variáveis climáticas. Nos climas úmidos, como a região Sudeste do Brasil, como a evapotranspiração varia pouco, utiliza-se a muito mais a precipitação para caracterizar a vazão, já que na relação do coeficiente de escoamento está embutida a perda para a evapotranspiração. Num clima semiárido, o efeito combinado é mais significativo.

Esta análise procura destacar que, na relação entre precipitação e vazão (dentro de uma visão macro), os seguintes aspectos devem ser destacados:

- Existe uma natural amplificação das anomalias da vazão (resposta da bacia) em função das anomalias da precipitação e da evapotranspiração potencial;
- A relação não-linear entre precipitação e vazão depende do armazenamento, de acordo com o tamanho da bacia e da evapotranspiração principalmente em regiões semiáridas.

## ANEXO C – SEGURANÇA DE BARRAGEM

### C.1 TIPOS DE BARRAGENS OU RESERVATÓRIOS

Os tipos mais comuns de barragens de acordo com o material e método construtivo são:

1. Barragens de terra e ou enrocamento;
2. Barragens de concreto delgadas em arco ou em arcos múltiplos;
3. Barragens de concreto em gravidade;
4. Barragens de concreto com contrafortes.

Os reservatórios podem ser classificados de acordo com o volume que retém em (figura 40).

**Reservatórios com água:** quando a predominância ou a totalidade do volume retido pela barragem é de água;

**Reservatório de rejeito:** quando a predominância do volume ou a totalidade é de rejeito de minério.

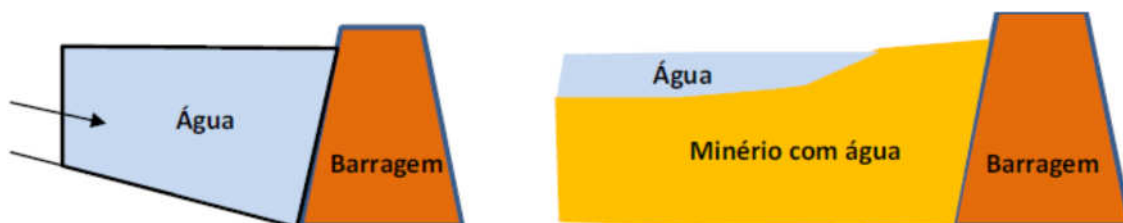


Figura 40: Barragens de água e minérios.

### C.2 TIPOS DE FALHAS

O Comitê Internacional de Grandes Barragens considera que uma falha de uma barragem é “um colapso ou movimento de uma parte da barragem ou de suas fundações, de tal forma que a barragem não permita mais a contenção de água” (Wrachien e Mambretti, 2009).

Falhas de barragens podem ocorrer independentemente do tipo de barragem. As causas que podem levar a um rompimento de barragem são:

1. Cheias
2. Infiltração e vazamentos através da estrutura ou nas fundações
3. Escorregamento de encostas
4. Terremotos
5. Falhas nas fundações
6. Falhas nos equipamentos (por exemplo falha das comportas)
7. Falha estrutural
8. Cheias devidas ao rompimento de barragens a montante
9. Rebaixamento excessivamente rápido

## 10. Sabotagem, ação terrorista ou ação de guerra

As principais formas em que uma barragem pode falhar são: a) galgamento; b) infiltração e erosão interna; c) falha estrutural na barragem ou falha na fundação. Essas falhas podem estar associadas a causas humanas, como falhas na construção, no projeto estrutural e na operação inadequada do reservatório. Estes três tipos principais de falhas são brevemente descritos a seguir.

### **Galgamento ou “overtopping”**

A falha por galgamento pode acontecer quando ocorre a passagem da água por sobre a crista da barragem, em locais não projetados como vertedores ou canais de alívio. Este tipo de formação de falha atinge tipicamente as barragens de terra e enrocamento, embora existam casos de barragens de concreto cujo rompimento foi causado por galgamento (Wrachien e Mambretti, 2009).

Uma típica falha causada por galgamento é descrita esquematicamente na figura 42. Inicialmente a água passa a escoar sobre a crista da barragem (figura 41a). O escoamento origina um processo de erosão na face de jusante da barragem (figura 41b). A erosão se expande para montante (figura 41c). A erosão atinge a face de montante, permitindo que a vazão através da brecha aumente (figura 41d), o que resulta em ainda mais erosão e aceleração da formação da brecha (figura 41e).

A figura 42 apresenta, esquematicamente, a evolução típica de uma falha causada por overtopping em uma vista frontal da barragem.

O galgamento ocorre quando a vazão defluente da barragem não pode ser adequadamente liberada por estruturas projetadas para este fim, e o nível da água no reservatório supera a cota da crista da barragem. Isto pode ocorrer nas seguintes situações:

- Cheia com vazões maiores do que as vazões de projeto;
- Rompimento de uma ou mais barragens a montante;
- Mau funcionamento de comportas;
- Formação de ondas no reservatório causadas por escorregamento de encostas.

### **Infiltração e erosão interna ou “piping”**

A infiltração de água através das paredes da barragem em taxas baixas é considerada normal em todas as barragens. Entretanto, quando a vazão de infiltração começa a aumentar, e a água dos vazamentos começa a trazer quantidades significativas de material sólido, pode estar ocorrendo o processo conhecido como “piping”, ou entubamento.



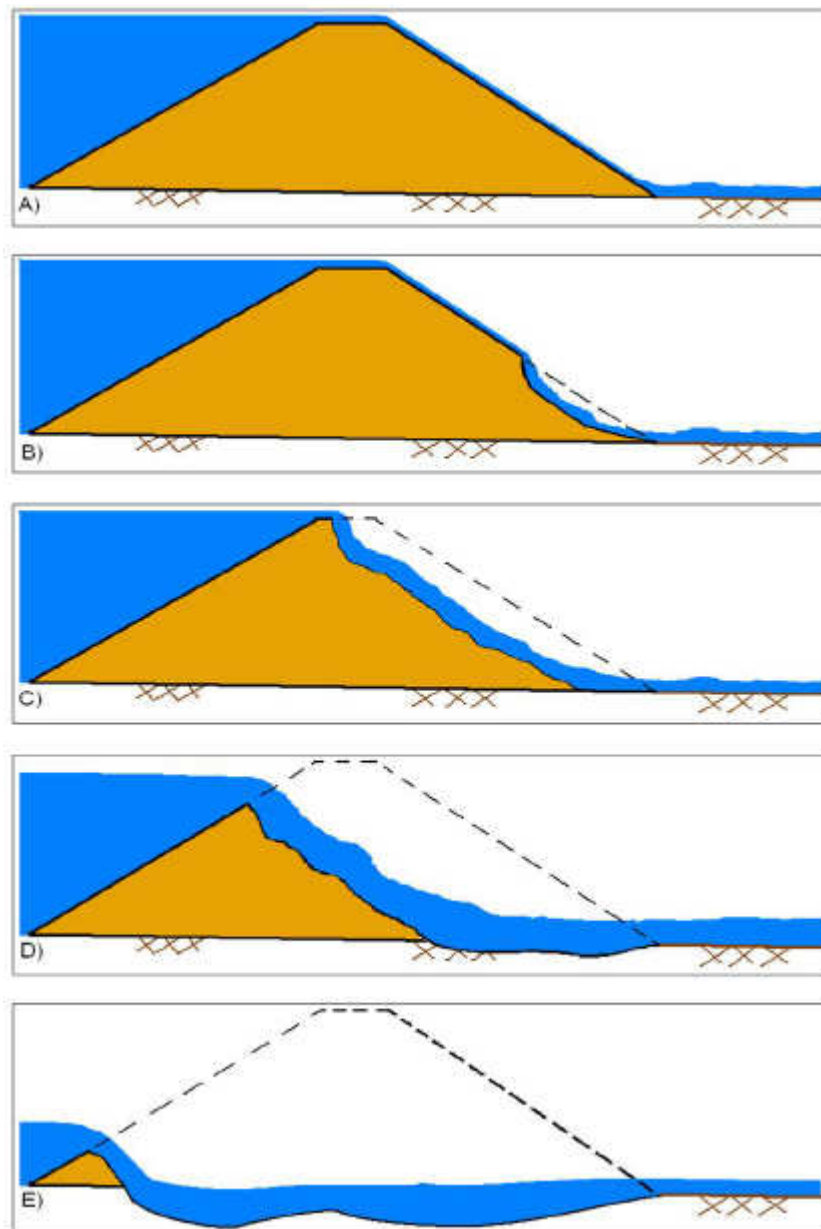


Figura 41: Típica evolução de falha de uma barragem por galgamento ou “overtopping” (HEC, 2014).

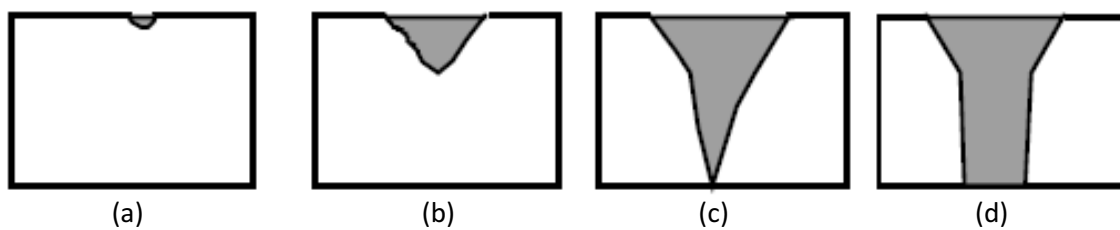


Figura 42: Evolução da falha de uma barragem causada por galgamento ou overtopping em vista esquemática frontal da barragem (adaptado de Johnson e Illes, 1976).

O “piping” ocorre quando os poros existentes na barragem começam a aumentar significativamente por erosão interna, levando a um aumento substancial dos vazamentos. Com o aumento da vazão, pode ocorrer a erosão regressiva a partir da parede de jusante da barragem (especialmente em barragens de terra), levando finalmente ao rompimento.

O processo de “piping” está ilustrado na figura 43 e a formação da brecha associada com o processo de “piping” está ilustrada na figura 44.

O rompimento de uma barragem por “piping” pode ocorrer a qualquer momento, mesmo em períodos em que as condições hidrológicas são seguras, com vazões relativamente baixas.

### **Falha estrutural ou falha de fundações**

Neste tipo de falha, uma parte ou toda a barragem rompe de forma aproximadamente repentina por problemas estruturais da própria barragem ou por problemas nas fundações. Rompimentos deste tipo são mais característicos de barragens de concreto do que em barragens de terra ou enrocamento e muitas vezes estão associados a falhas no projeto e na construção. Este tipo de falha pode ocorrer com qualquer condição hidrológica.

Os principais problemas que podem causar falha de fundações é a deformidade da mesma e permeabilidade na fundação e ombreiras. A deformidade nas fundações pode causar a movimentação da barragem e acarretar no rompimento repentino da mesma.

As falhas por fundação podem ser controladas no projeto e na construção da barragem, por intermédio da análise da geologia da região, identificando e removendo possíveis deformidades de ombreiras e do rio.

## **C.3 HISTÓRICO DE FALHAS DE BARRAGENS DE ÁGUA**

Lauriano (2009) resumiu um estudo do Comitê Internacional de Grandes Barragens (ICOLD, 1995), em que foram analisados 179 casos históricos de ruptura de barragem. As principais constatações são apresentadas nos parágrafos que seguem.

Mais de 1/3 das falhas (38%) ocorreram durante o primeiro enchimento do reservatório. Outros 38% das falhas ocorreram devido ao galgamento da barragem e 24% das falhas ocorreram durante a operação normal da barragem, por outras causas.

O ICOLD também observa que a melhoria da técnica construtiva permitiu reduzir o número de falhas de barragens. Cerca de 2,2% das barragens construídas até 1950 sofreram falhas, enquanto apenas 0,5% das barragens construídas após 1951 sofreram falhas. Particularmente, as barragens construídas nos anos de 1910 a 1920 apresentam percentualmente os maiores números de casos de ruptura.

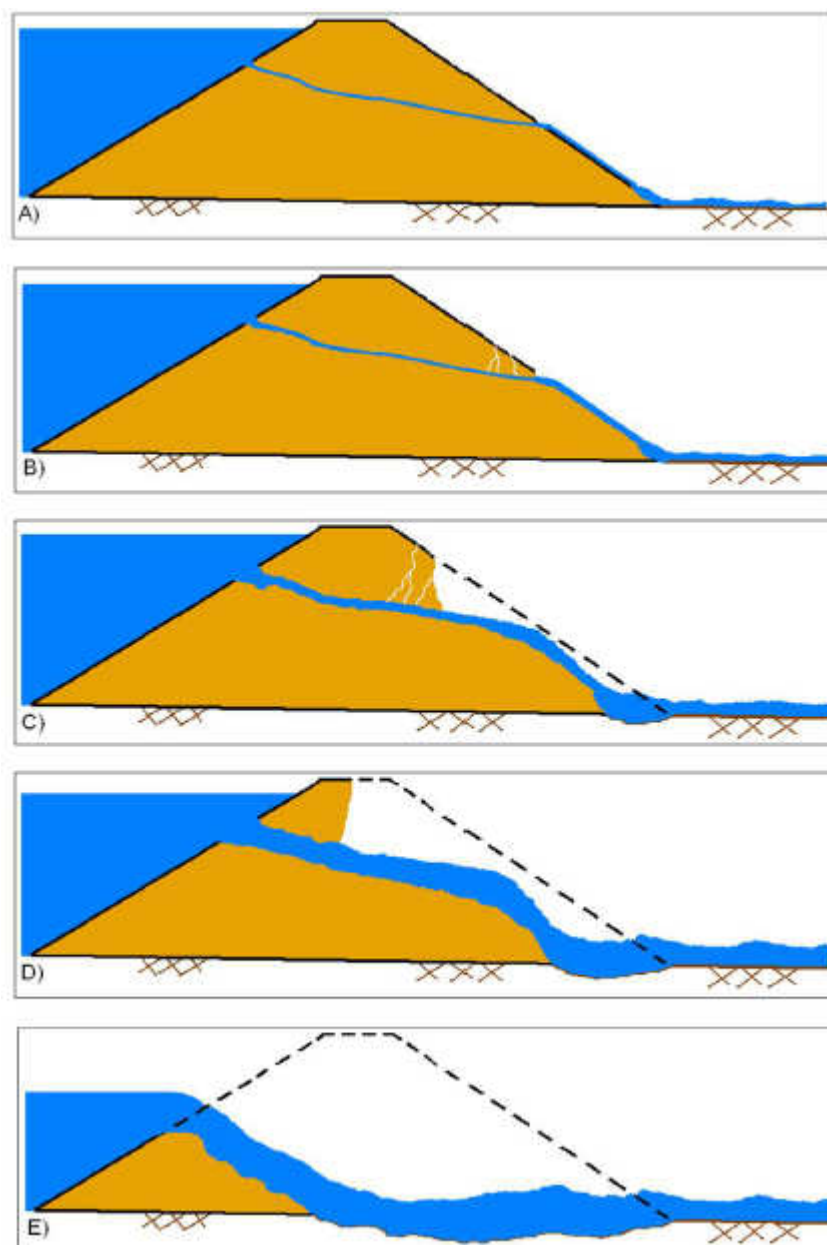


Figura 43: Típica evolução de falha de uma barragem por “piping” ou entubamento (HEC, 2014)

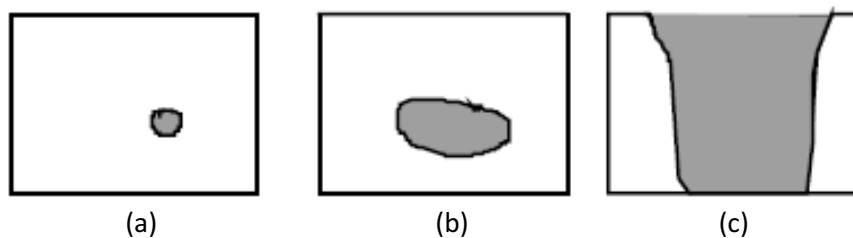


Figura 44: Evolução da falha de uma barragem causada por entubamento ou “piping” em vista esquemática frontal da barragem (adaptado de Johnson e Illes, 1976).

Os casos de rompimento são mais comuns em barragens mais novas. Cerca de 70% das falhas ocorreram em barragens nos primeiros 10 anos de vida do empreendimento.

Em barragens de concreto, problemas envolvendo as fundações são os casos mais frequentes de ruptura. Já para barragens de terra o galgamento é a causa de 49% dos casos de ruptura, seguido por erosão interna (piping), com 28%, e erosão interna das fundações, com 17%.

Um número maior de casos de ruptura está relacionado a barragens de terra e enrocamento, com 65% dos casos, quando comparado às barragens de concreto, com 7%. Isto está diretamente relacionado ao fato da maior parte das barragens, especialmente as menores, ser de terra.

#### **C.4 HISTÓRICO DE FALHAS DE BARRAGENS DE MINERAÇÃO**

A mais antiga mina é de Lion Cave na Swazilândia, cerca de 43.000 anos atrás. As minerações em larga escala iniciaram cerca de 5.000 anos atrás (Alexieva, 2011). O aumento da mineração coincide com a revolução industrial e desde 2001 com o aumento significativo da China e outros países emergentes por commodities como o minério.

Até 1930, o despejo de efluentes de mineração era insustentável, com baixo controle. Depois deste período iniciaram a construção de maior número de barragens para controlar estes efluentes. No início, as barragens eram dimensionadas para pequenas inundações e muitas foram destruídas por cheias maiores, aumentando os prejuízos para jusante pelo rompimento. O método por montante com construção manual foi utilizado até que na década de 40 foram introduzidas as barragens em terra compactadas com equipamentos e nos anos 50 eram utilizados procedimentos empíricos no dimensionamento das barragens.

Na década de 60, conceitos e métodos de geotécnicos permitiram melhorar os métodos empíricos no dimensionamento. Na década de 70, iniciaram os primeiros estudos ambientais e métodos foram sendo aprimorados. Novos métodos foram introduzidos e com uso do monitoramento, inspeção e análise das barragens e rupturas observadas. Neste período foi criada a ICOLD (International Commission of Large Dams).

Desde os anos 80, as rupturas têm ocorrido devido a processos bem entendidos e geralmente quando rompem combinam projetos ruins e/ou operações inadequadas (Alexieva, 2011). Desde os anos 90, vários países desenvolveram manuais e padrões para o controle de impactos devido ao rompimento de barragens de mineração, aumentando a segurança destas barragens. Este processo diminuiu o número relativo das barragens rompidas.

Azam e Li (2010) apresentaram um conjunto de estatísticas baseado num número importante de dados de várias fontes, mostrando uma base de dados maior e de um período de 100 anos. Na figura 45, são apresentados os eventos de falha desde 1910 onde se observa aumento significativo depois da década de 60, reduzindo depois dos anos 90 em função das normas que foram aplicadas depois deste período. Na tabela 34, pode-se observar como se distribuem os rompimentos ocorridos e como são os riscos de acordo com o continente. As maiores estatísticas estão na Europa e América do Sul e menor na Austrália.

Na tabela 35, são apresentadas as principais causas de rompimento, onde se observa que a causa devido a precipitações intensas é a maior parte, com 27,5% das ocorrências, seguido da infiltração com 20,4%. As causas externas à barragem são devido às chuvas ou vazão acima do previsto (dimensionamento) e representam 32,9%, que é a soma das causas: precipitação intensa e galgamento, na tabela 35.

Em resumo observa-se o seguinte:

- Probabilidade de falha de uma barragem na América do Sul é de 2,2%, considerando o período de 100 anos;
- Considerando as causas de rompimento, 20,4% são devido à infiltração. O autor não esclarece, mas interpreta-se que a causa de infiltração se refere ao “ piping”;
- Quanto aos impactos, observa-se que ocorrem mortes em 26,5% dos casos. Portanto, a probabilidade de ocorrer mortes por ações externas (galgamento + precipitações intensas) é da ordem de 8,7 %.

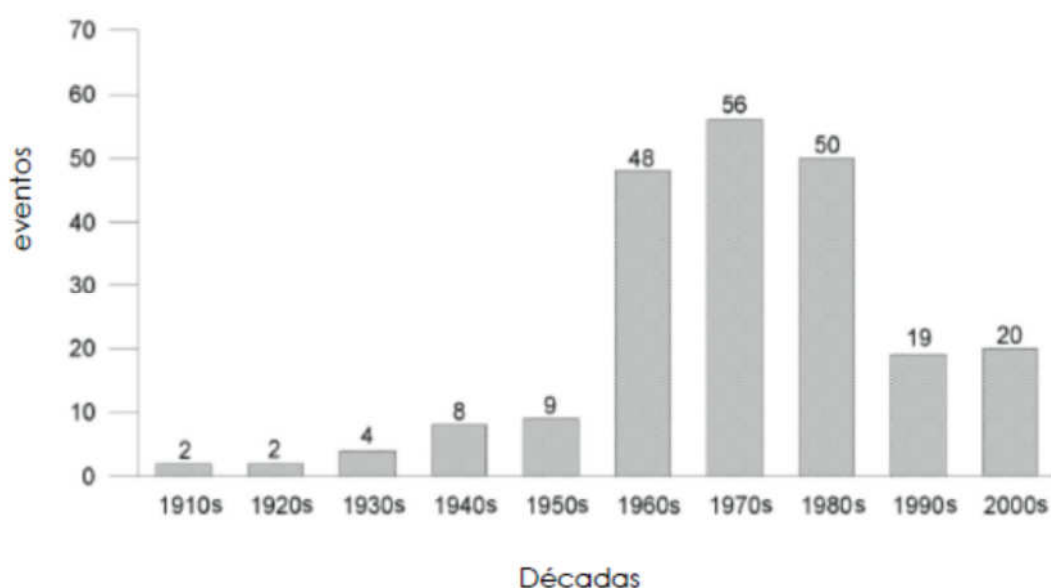


Figura 45: Distribuição dos rompimentos de barragens Azam e Li (2010).

Tabela 34 - Distribuição do rompimento de barragens por continente (Azam e Li, 2010).

| Região           | Total de Barragens | Número de rompimentos | % do risco |
|------------------|--------------------|-----------------------|------------|
| América do Norte | 8652               | 77                    | 0,89       |
| América do Sul   | 1825               | 40                    | 2,19       |
| Europa           | 1168               | 58                    | 4,97       |
| Ásia             | 1584               | 23                    | 1,45       |
| África           | 1624               | 13                    | 0,80       |
| Austrália        | 3548               | 7                     | 0,20       |
| Total            | 18401              | 218                   | 1,18       |

Tabela 35 - Distribuição do rompimento de acordo com a causa.

| Causa                     | 1910 a 1999 | 2000 a 2009 | total | %    |
|---------------------------|-------------|-------------|-------|------|
| Chuva intensa             | 38          | 8           | 46    | 27,5 |
| Gerenciamento             | 15          | 6           | 21    | 12,6 |
| Fundação                  | 12          | 0           | 12    | 7,2  |
| Instabilidade dos maciços | 7           | 2           | 9     | 5,4  |
| Galgamento                | 9           | 0           | 9     | 5,4  |
| Infiltração               | 31          | 3           | 34    | 20,4 |
| Defeitos estruturais      | 13          | 1           | 14    | 8,4  |
| Desconhecidos             | 22          | 0           | 22    | 13,2 |

## ANEXO D – DADOS HIDROLÓGICOS

### Postos Pluviométricos – valores em mm

Posto 16400000 – Jacinto - série de 1948 a 2015 – bacia 54 - Jequitinhonha

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN  | JUL  | AGO  | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   | Total  |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Media  | 97,1  | 66,7  | 98,4  | 52,4  | 30,8  | 21,6 | 23,0 | 17,1 | 25,2  | 68,4  | 148,9 | 152,1 | 801,6  |
| DP     | 97,0  | 54,0  | 89,6  | 35,4  | 22,9  | 18,9 | 18,0 | 15,6 | 27,4  | 64,6  | 97,1  | 85,7  | 220,5  |
| CV     | 1,0   | 0,8   | 0,9   | 0,7   | 0,7   | 0,9  | 0,8  | 0,9  | 1,1   | 0,9   | 0,7   | 0,6   | 0,3    |
| Max    | 433,6 | 227,5 | 437,5 | 194,7 | 128,7 | 73,1 | 96,5 | 85,7 | 113,8 | 282,2 | 498,4 | 495,1 | 1375,3 |
| Min    | 3,1   | 0,0   | 3,8   | 1,3   | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 2,1   | 0,0   | 1,6   | 290,5  |

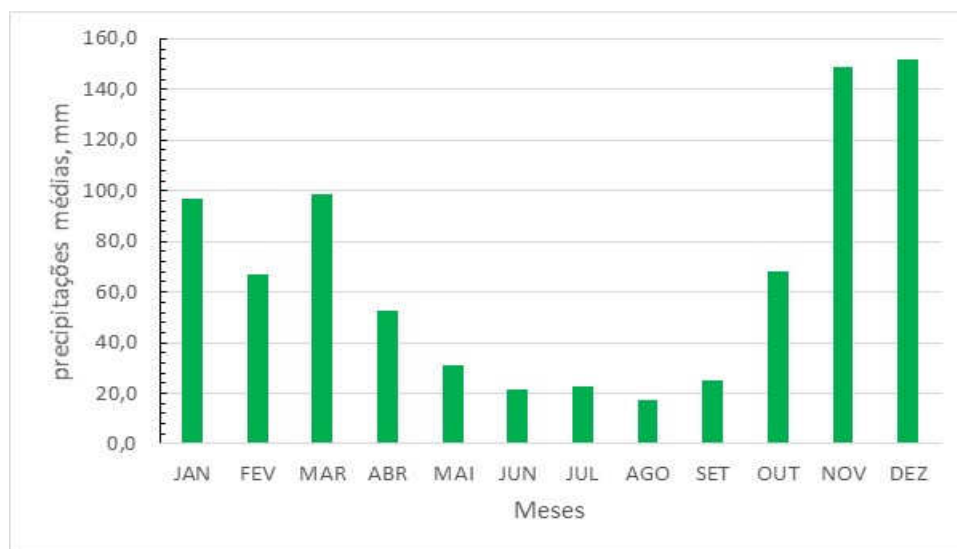


Figura 46: Variação sazonal do posto 16400000

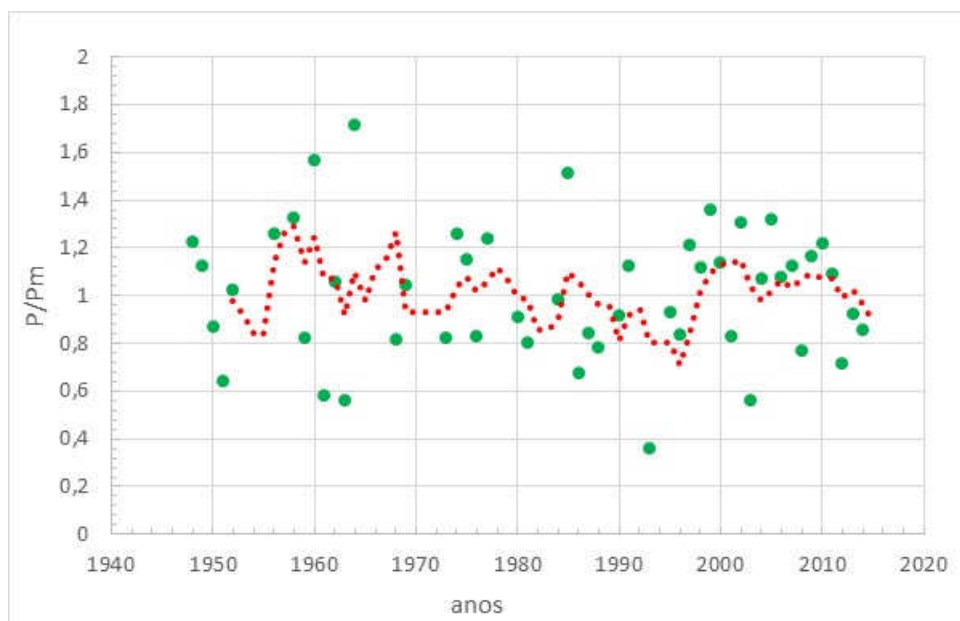


Figura 47 - Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 16400000.

Posto 1642013 – Pega - série de 1968 a 2015 bacia 54 – Jequitinhonha

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI  | JUN  | JUL  | AGO  | SET  | OUT   | NOV   | DEZ   | Total  |
|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| Media  | 132,8 | 85,6  | 85,7  | 39,2  | 12,9 | 5,1  | 3,3  | 3,9  | 11,3 | 75,4  | 175,0 | 190,0 | 820,4  |
| DP     | 115,6 | 93,2  | 69,9  | 40,4  | 17,4 | 9,9  | 5,1  | 8,4  | 12,6 | 70,0  | 91,6  | 100,2 | 257,0  |
| CV     | 0,9   | 1,1   | 0,8   | 1,0   | 1,3  | 2,0  | 1,6  | 2,1  | 1,1  | 0,9   | 0,5   | 0,5   | 0,3    |
| Max    | 467,1 | 421,0 | 321,6 | 183,2 | 70,1 | 51,5 | 28,2 | 45,4 | 40,6 | 384,1 | 424,3 | 430,5 | 1615,6 |
| Min    | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 1,7   | 24,1  | 407,0  |

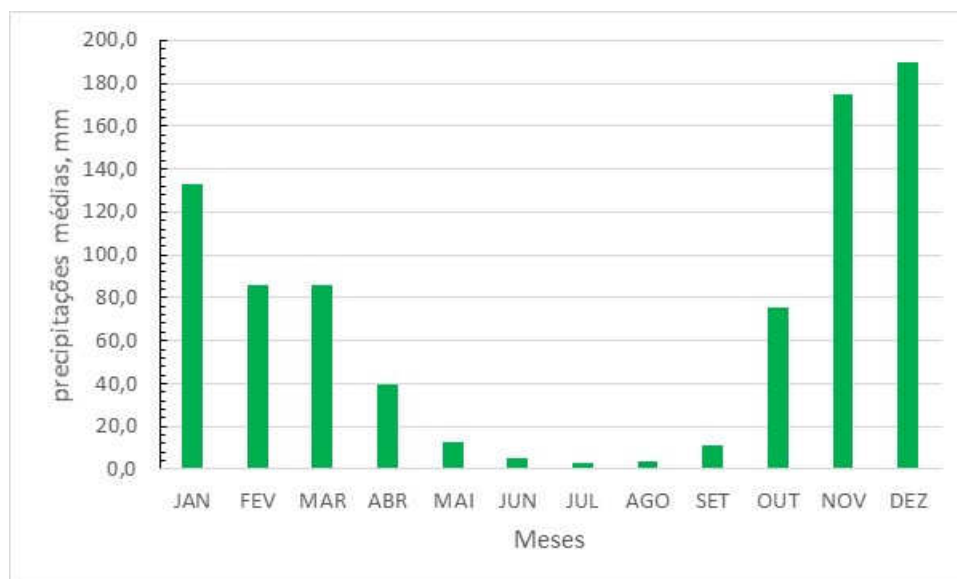


Figura 48: Variação sazonal do posto1642013

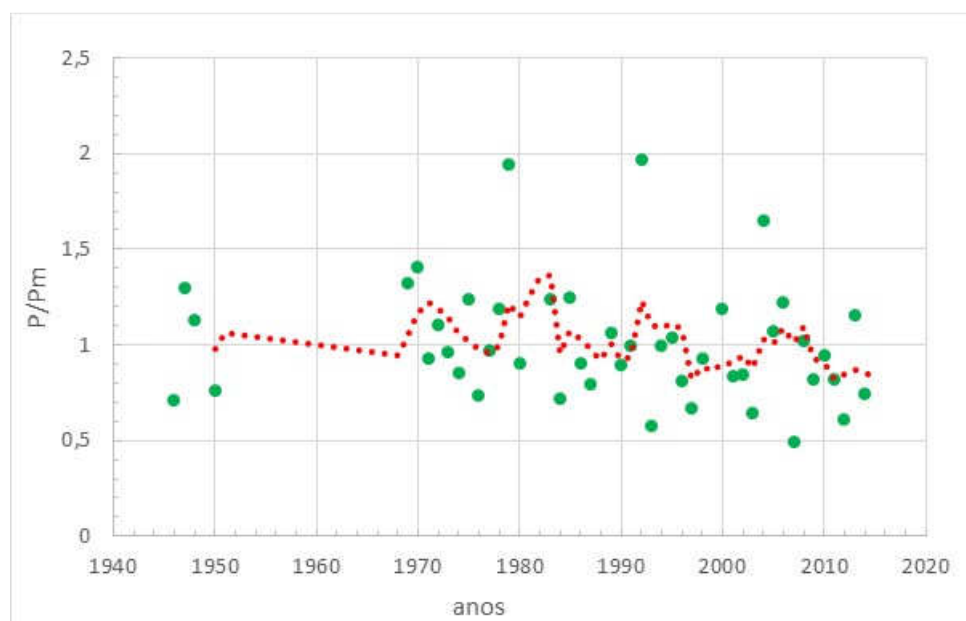


Figura 49: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 1642013.



Posto 1645000 – São Romão - série de 1952 a 2015 – bacia 43 – São Francisco

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI  | JUN  | JUL  | AGO  | SET  | OUT   | NOV   | DEZ   | Total  |
|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| Media  | 185,0 | 114,3 | 127,4 | 49,2  | 10,7 | 3,4  | 3,7  | 2,4  | 15,0 | 72,4  | 183,3 | 231,8 | 998,6  |
| DP     | 126,7 | 86,6  | 93,6  | 36,2  | 16,4 | 8,3  | 13,8 | 7,0  | 17,0 | 57,1  | 91,5  | 100,5 | 235,2  |
| CV     | 0,7   | 0,8   | 0,7   | 0,7   | 1,5  | 2,4  | 3,7  | 2,9  | 1,1  | 0,8   | 0,5   | 0,4   | 0,2    |
| Max    | 473,4 | 353,6 | 390,8 | 139,2 | 80,9 | 38,6 | 94,2 | 40,8 | 76,3 | 216,9 | 462,0 | 520,0 | 1674,6 |
| Min    | 6,8   | 7,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 6,4   | 33,5  | 484,4  |

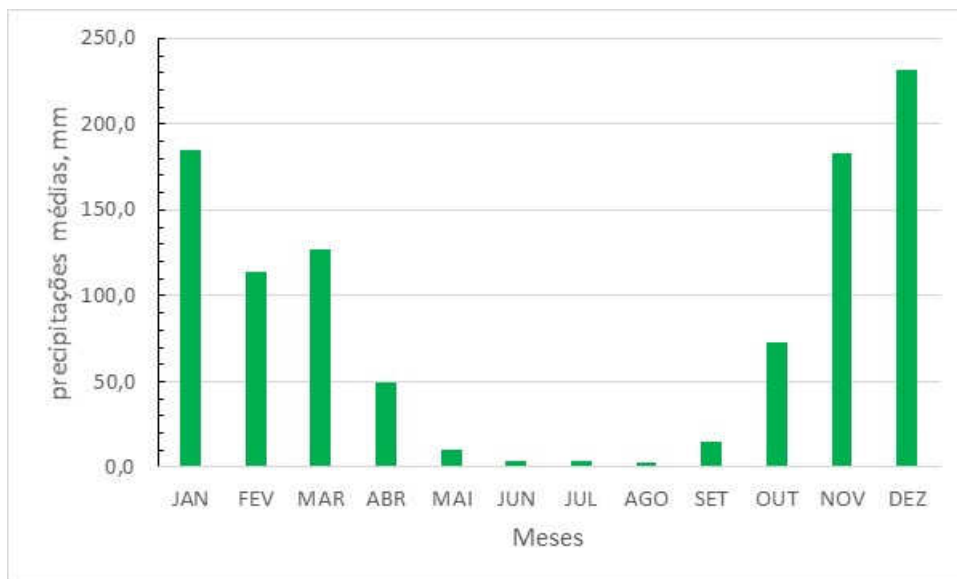


Figura 50: Variação sazonal do posto 1645000

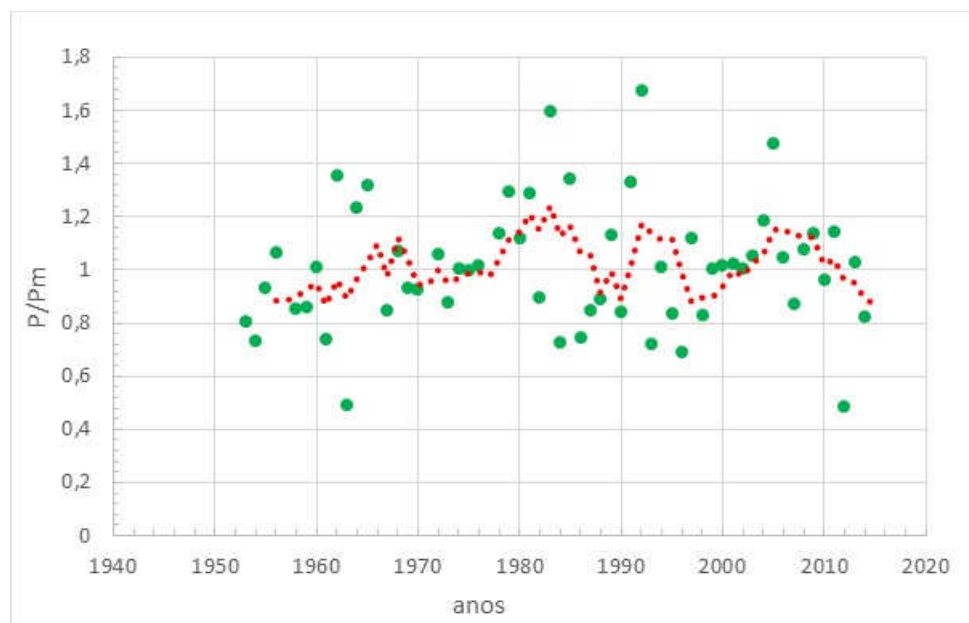


Figura 51: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 16450000.

Posto 16450020 – Santo Inácio - série de 1963 a 2015- Bacia 43 S. Francisco

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN  | JUL  | AGO  | SET  | OUT   | NOV   | DEZ   | Total  |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| Media  | 173,8 | 116,3 | 122,3 | 56,5  | 12,0  | 4,8  | 3,4  | 3,0  | 14,2 | 72,3  | 190,3 | 214,5 | 983,4  |
| DP     | 132,1 | 88,8  | 91,4  | 59,1  | 22,0  | 11,8 | 10,8 | 6,7  | 15,0 | 67,7  | 93,1  | 114,6 | 263,4  |
| CV     | 0,8   | 0,8   | 0,7   | 1,0   | 1,8   | 2,5  | 3,2  | 2,3  | 1,1  | 0,9   | 0,5   | 0,5   | 0,3    |
| Max    | 507,1 | 448,8 | 320,7 | 283,4 | 134,5 | 50,7 | 63,4 | 24,5 | 59,5 | 316,3 | 411,4 | 539,9 | 1674,3 |
| Min    | 10,1  | 4,4   | 3,2   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 7,8   | 59,9  | 433,1  |



Figura 52: Variação sazonal do posto 16450020

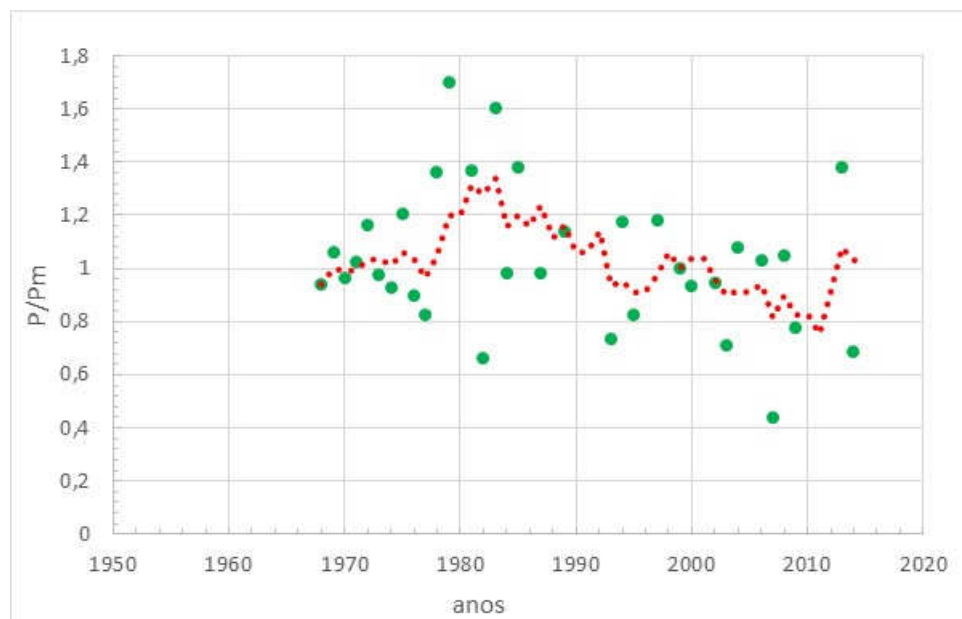


Figura 53: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 16450020.

Posto 1746001 – Porto Extrema - série de 1962 a 2015 – bacia 42 – São Francisco

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN  | JUL  | AGO  | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   | Total  |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Media  | 209,5 | 135,3 | 156,0 | 58,8  | 16,1  | 4,6  | 2,8  | 5,7  | 24,1  | 88,7  | 191,2 | 258,5 | 1151,2 |
| DP     | 131,7 | 92,1  | 111,5 | 60,3  | 21,6  | 9,6  | 7,4  | 14,2 | 40,5  | 67,9  | 98,4  | 107,7 | 226,7  |
| CV     | 0,6   | 0,7   | 0,7   | 1,0   | 1,3   | 2,1  | 2,6  | 2,5  | 1,7   | 0,8   | 0,5   | 0,4   | 0,2    |
| Max    | 582,5 | 400,6 | 390,1 | 237,5 | 102,0 | 43,5 | 35,3 | 76,7 | 250,6 | 264,0 | 376,6 | 555,0 | 1550,6 |
| Min    | 32,9  | 6,1   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 43,6  | 69,0  | 690,8  |



Figura 54: Variação sazonal do posto 17460010

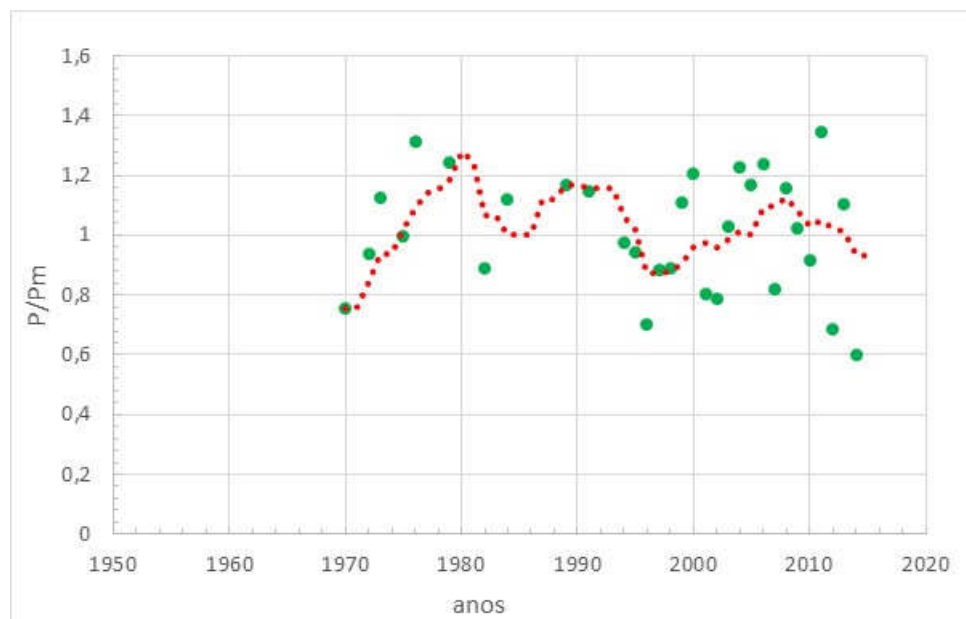


Figura 55: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 17460010.

Posto 17460020 – Santa Rosa - série de 1962 a 2015 – bacia 42 – São Francisco

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI  | JUN  | JUL  | AGO  | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   | Total  |
|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Media  | 236,4 | 163,3 | 162,6 | 66,6  | 18,4 | 5,2  | 5,1  | 8,6  | 34,8  | 92,2  | 200,8 | 268,4 | 1262,2 |
| DP     | 126,7 | 101,0 | 101,1 | 55,0  | 21,4 | 10,1 | 12,8 | 18,6 | 42,8  | 67,6  | 100,2 | 128,4 | 288,9  |
| CV     | 0,5   | 0,6   | 0,6   | 0,8   | 1,2  | 2,0  | 2,5  | 2,2  | 1,2   | 0,7   | 0,5   | 0,5   | 0,2    |
| Max    | 619,7 | 441,3 | 420,0 | 229,7 | 93,7 | 43,3 | 65,6 | 87,6 | 245,1 | 249,8 | 507,0 | 669,2 | 1808,9 |
| Min    | 46,4  | 8,9   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 3,4   | 66,9  | 47,0  | 399,7  |

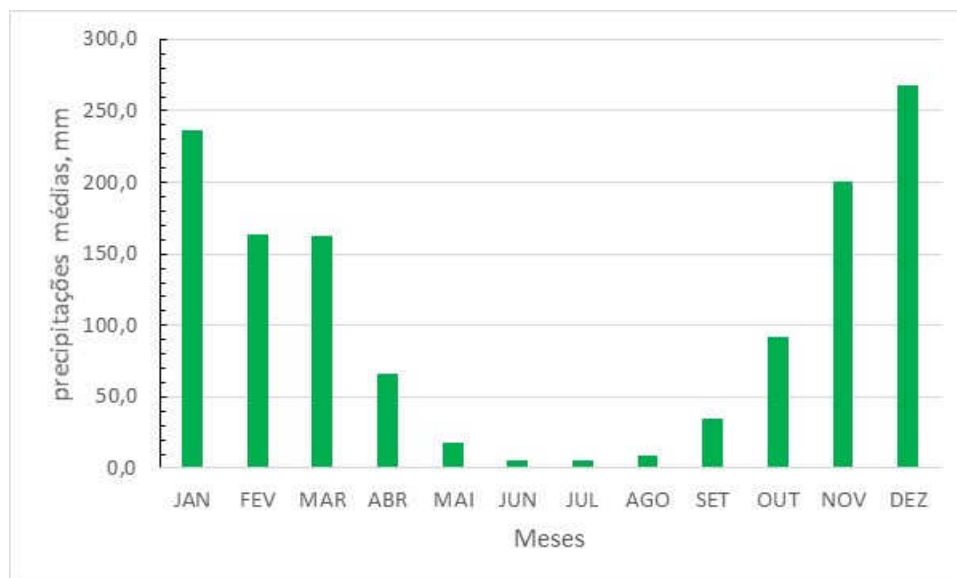


Figura 56: Variação sazonal do posto 17460020

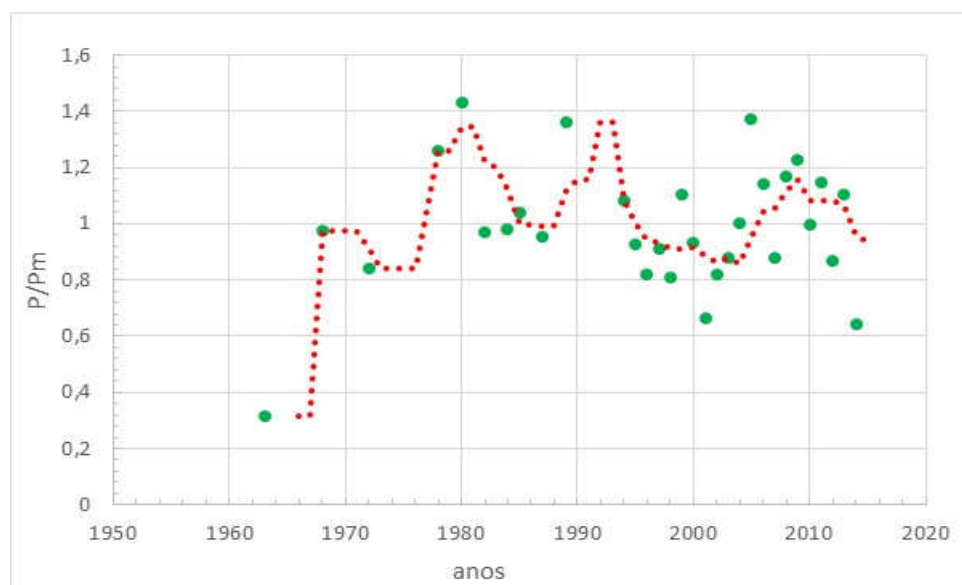


Figura 57: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 17460020.

Posto 18420070 – Guanhães - série de 1945 a 2015 – bacia 56 – Doce

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI  | JUN   | JUL  | AGO   | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   | Total  |
|--------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Media  | 216,0 | 126,6 | 158,0 | 74,6  | 27,3 | 14,7  | 12,1 | 11,5  | 35,3  | 123,4 | 236,1 | 279,2 | 1315,0 |
| DP     | 142,3 | 82,4  | 117,2 | 57,3  | 25,4 | 26,9  | 15,3 | 22,6  | 38,0  | 103,6 | 125,1 | 126,1 | 370,2  |
| CV     | 0,7   | 0,7   | 0,7   | 0,8   | 0,9  | 1,8   | 1,3  | 2,0   | 1,1   | 0,8   | 0,5   | 0,5   | 0,3    |
| Max    | 666,4 | 328,0 | 659,3 | 244,7 | 86,5 | 173,6 | 66,8 | 135,5 | 169,4 | 608,7 | 597,4 | 651,0 | 2615,1 |
| Min    | 6,6   | 6,3   | 0,6   | 7,3   | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,9   | 10,1  | 66,6  | 508,0  |

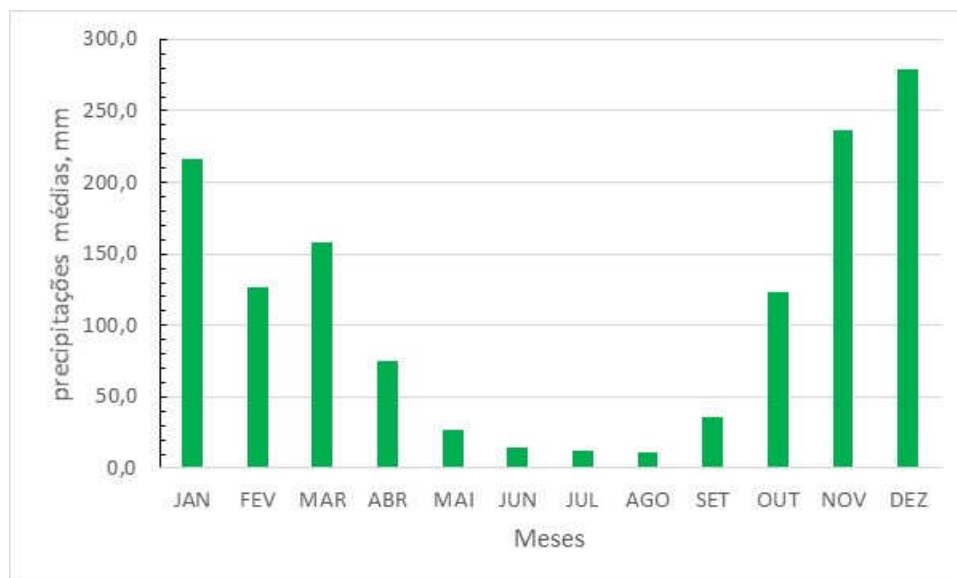


Figura 58: Variação sazonal do posto 18420070

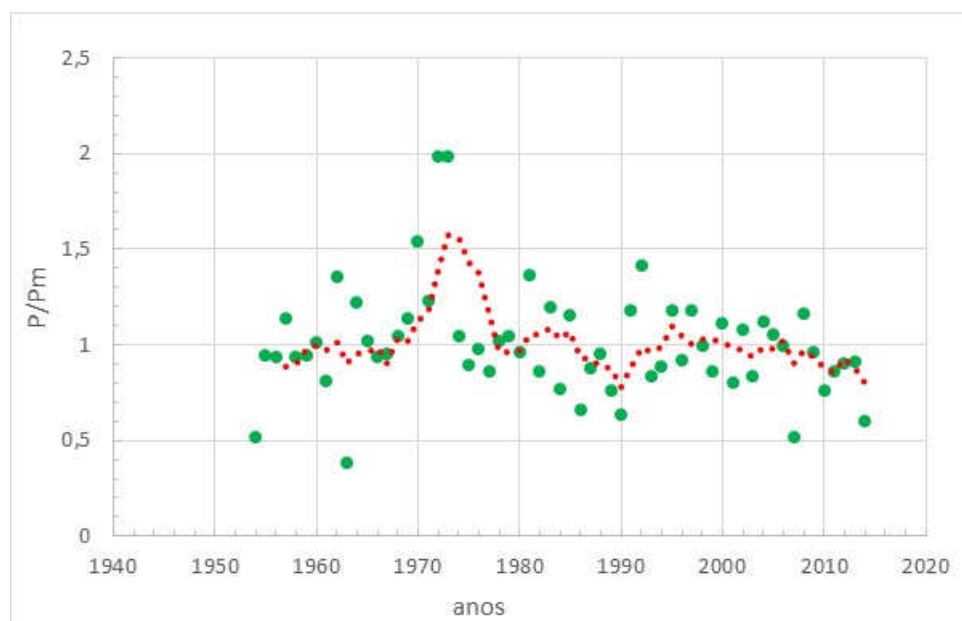


Figura 59: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 18420070

Posto 18470010 – Estrela do Sul - série de 1945 a 2015 – bacia 60 – Rio Parnaíba

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL  | AGO  | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   | Total  |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Media  | 288,6 | 213,7 | 211,7 | 76,7  | 35,0  | 12,1  | 10,5 | 9,1  | 39,3  | 124,8 | 208,9 | 291,2 | 1521,8 |
| DP     | 139,5 | 106,6 | 103,2 | 50,1  | 38,3  | 19,2  | 17,9 | 15,1 | 35,8  | 63,3  | 95,1  | 127,3 | 307,9  |
| CV     | 0,5   | 0,5   | 0,5   | 0,7   | 1,1   | 1,6   | 1,7  | 1,7  | 0,9   | 0,5   | 0,5   | 0,4   | 0,2    |
| Max    | 651,9 | 434,9 | 481,5 | 254,4 | 234,7 | 107,6 | 86,2 | 65,4 | 168,9 | 303,2 | 567,2 | 790,8 | 2484,4 |
| Min    | 71,4  | 19,9  | 33,0  | 4,4   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 25,4  | 40,4  | 63,7  | 658,8  |

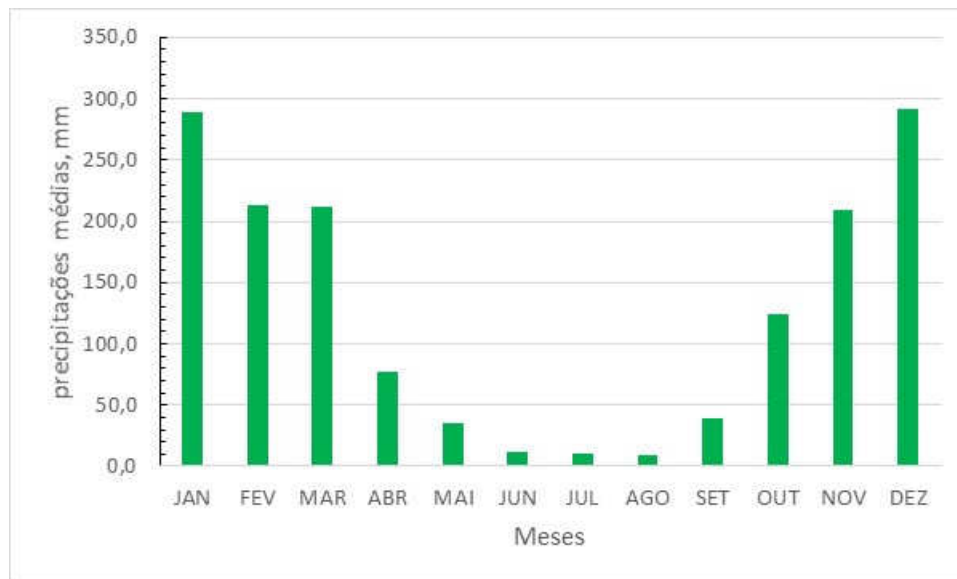


Figura 60: Variação sazonal do posto 18470010

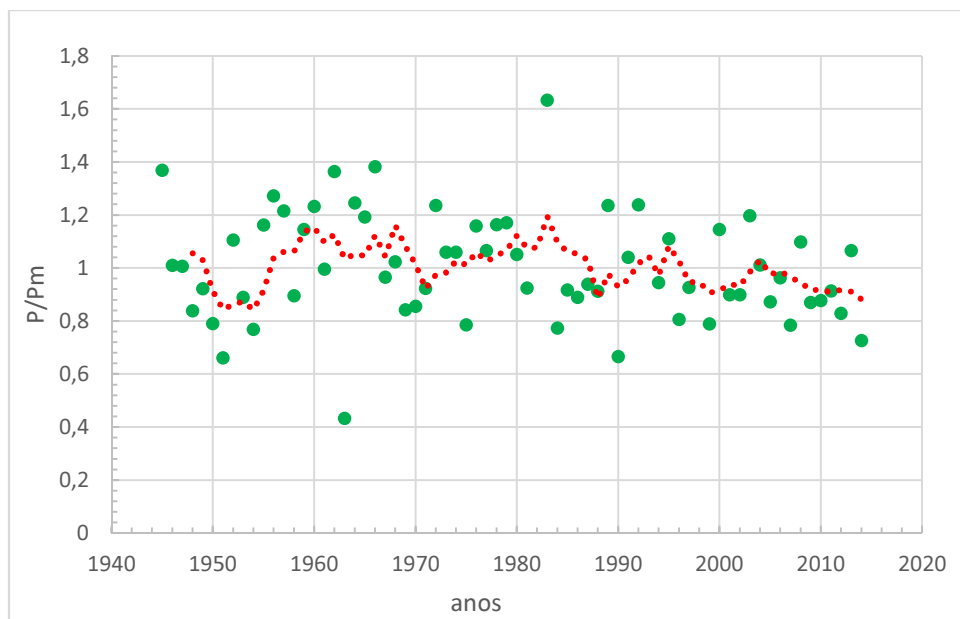


Figura 61: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 18470010.

Posto 18470030 – Abadia dos Dourados - série de 1945 a 2015 – bacia 60 – Paranaíba

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN  | JUL  | AGO  | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   | Total  |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Media  | 268,6 | 185,8 | 178,6 | 69,6  | 29,4  | 10,6 | 8,4  | 8,8  | 38,7  | 111,6 | 195,1 | 273,6 | 1378,8 |
| DP     | 121,3 | 87,1  | 98,6  | 45,6  | 31,8  | 18,8 | 13,9 | 15,2 | 34,4  | 63,3  | 93,7  | 114,5 | 250,5  |
| CV     | 0,5   | 0,5   | 0,6   | 0,7   | 1,1   | 1,8  | 1,7  | 1,7  | 0,9   | 0,6   | 0,5   | 0,4   | 0,2    |
| Max    | 580,2 | 360,1 | 449,5 | 232,7 | 140,7 | 82,6 | 58,5 | 65,6 | 178,9 | 306,3 | 438,2 | 764,2 | 2181,5 |
| Min    | 61,0  | 39,7  | 19,2  | 1,1   | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 4,8   | 45,8  | 105,8 | 864,7  |

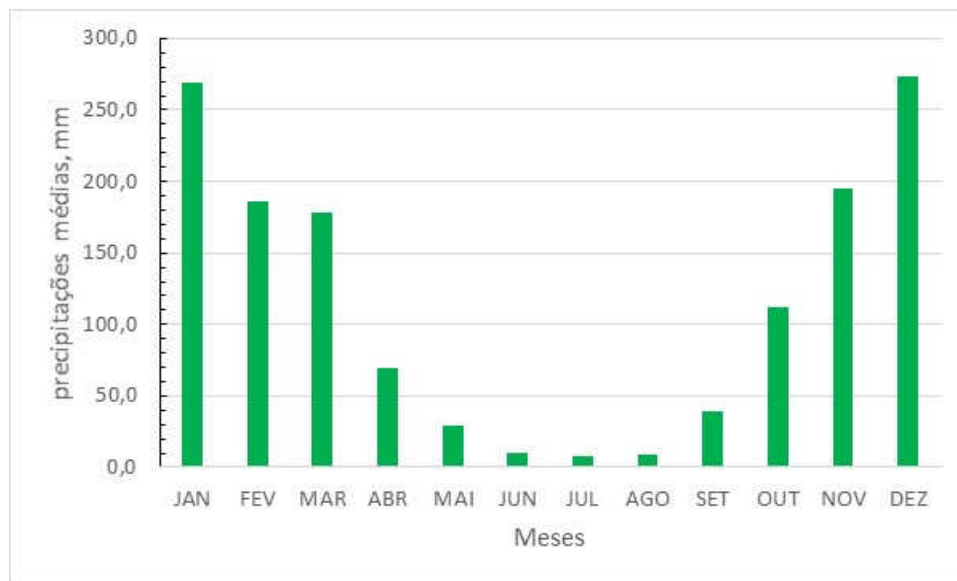


Figura 62: Variação sazonal do posto 18470030

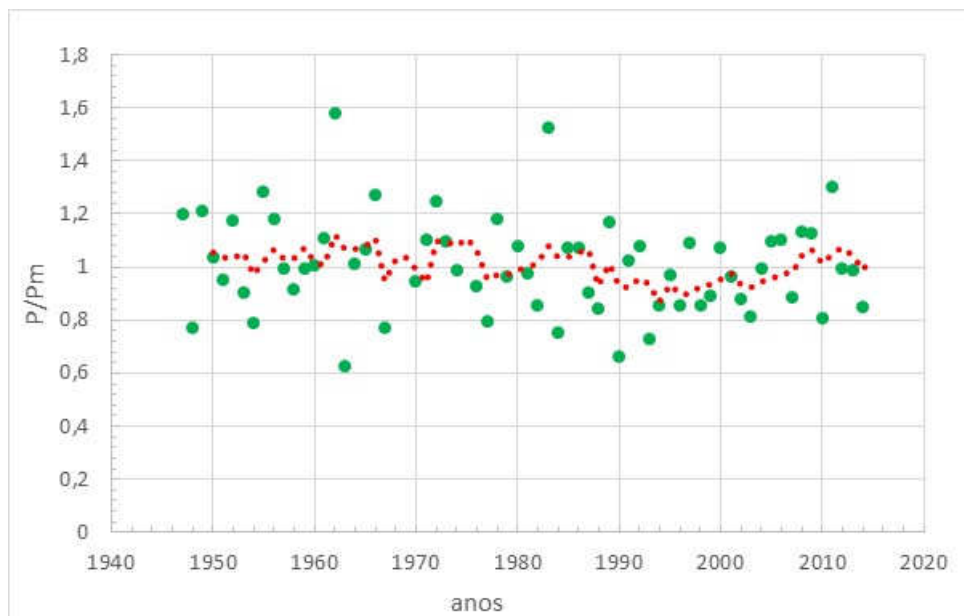


Figura 63: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 18470030.

Posto 1940012 – Itaimbé - série de 1945 a 2015 – bacia 56 – Doce

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL   | AGO  | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   | Total  |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Media  | 172,0 | 103,2 | 130,5 | 66,0  | 35,1  | 20,4  | 22,0  | 18,4 | 34,8  | 95,1  | 179,0 | 209,9 | 1085,8 |
| DP     | 125,8 | 87,7  | 108,0 | 39,7  | 31,2  | 25,3  | 25,3  | 20,0 | 30,2  | 67,8  | 94,9  | 127,9 | 278,7  |
| CV     | 0,7   | 0,9   | 0,8   | 0,6   | 0,9   | 1,2   | 1,1   | 1,1  | 0,9   | 0,7   | 0,5   | 0,6   | 0,3    |
| Max    | 490,6 | 373,3 | 483,8 | 174,4 | 132,9 | 131,3 | 137,0 | 78,9 | 142,0 | 315,2 | 481,2 | 843,8 | 1642,3 |
| Min    | 1,7   | 3,0   | 3,2   | 7,6   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 6,8   | 13,3  | 2,2   | 250,8  |

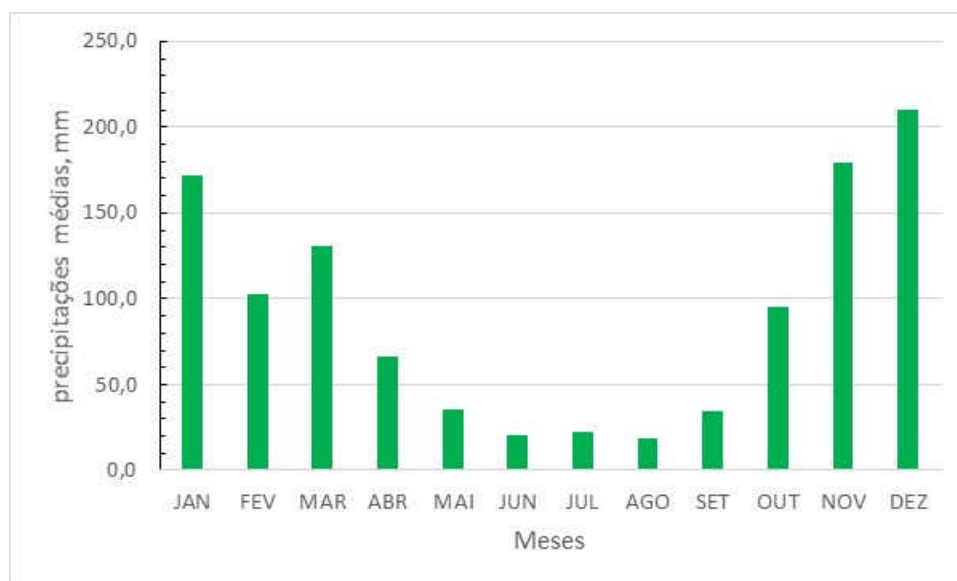


Figura 64: Variação sazonal do posto 194001.

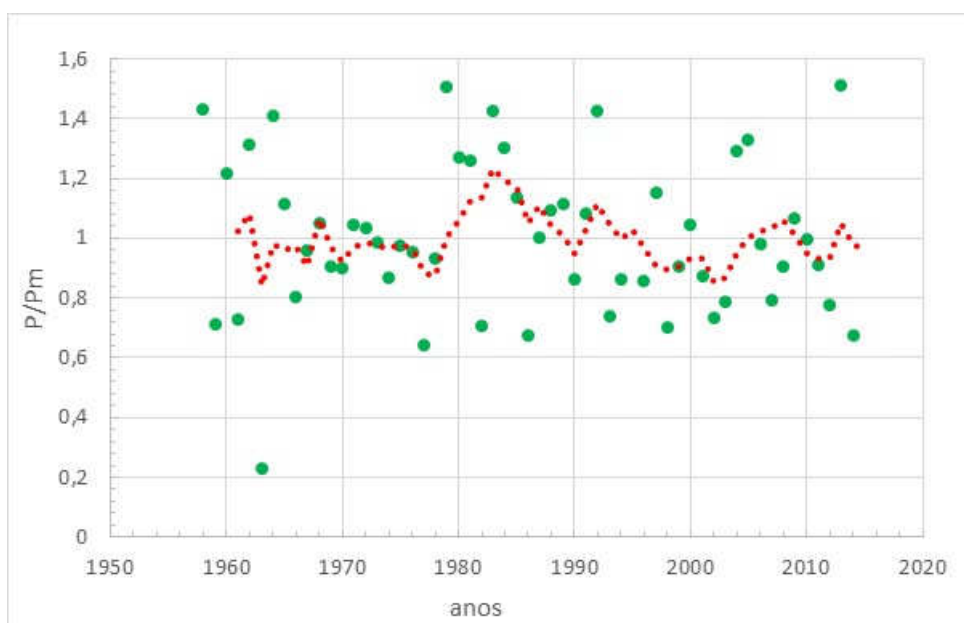


Figura 65: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 1940012.



Posto 1943023 – Taquaruçu - série de 1945 a 2015 – bacia 41 – S. Francisco

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN  | JUL  | AGO  | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   | Total  |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Media  | 254,8 | 148,8 | 142,2 | 50,2  | 23,7  | 9,0  | 8,4  | 7,6  | 34,8  | 93,8  | 215,3 | 313,4 | 1301,9 |
| DP     | 169,6 | 97,7  | 80,6  | 38,2  | 22,5  | 15,2 | 15,6 | 14,1 | 32,0  | 64,6  | 85,4  | 133,3 | 300,6  |
| CV     | 0,7   | 0,7   | 0,6   | 0,8   | 1,0   | 1,7  | 1,9  | 1,8  | 0,9   | 0,7   | 0,4   | 0,4   | 0,2    |
| Max    | 731,0 | 448,0 | 367,6 | 185,2 | 106,2 | 76,0 | 74,4 | 70,4 | 112,5 | 298,2 | 377,7 | 654,4 | 2094,2 |
| Min    | 21,9  | 1,2   | 4,4   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 30,5  | 38,2  | 475,9  |

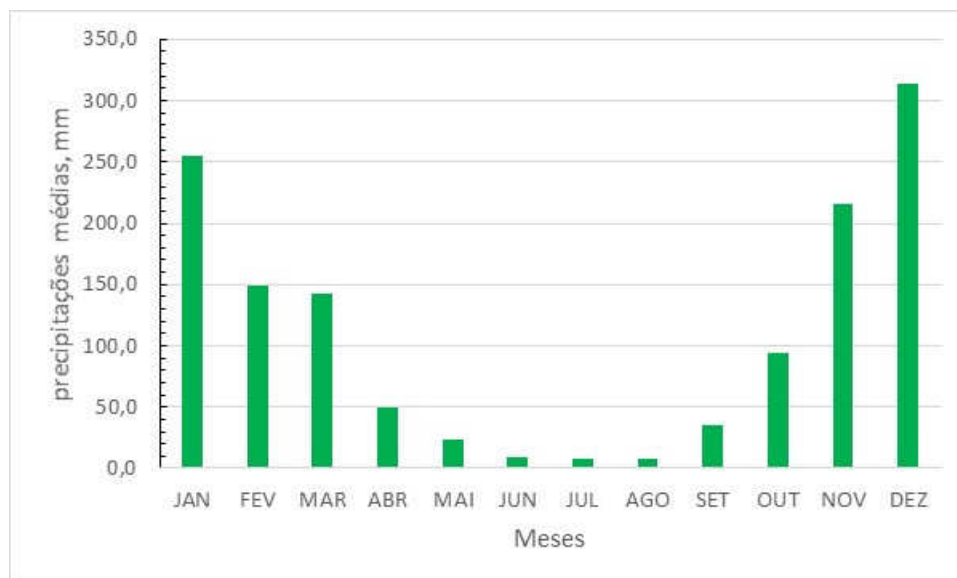


Figura 66: Variação sazonal do posto 1943023.

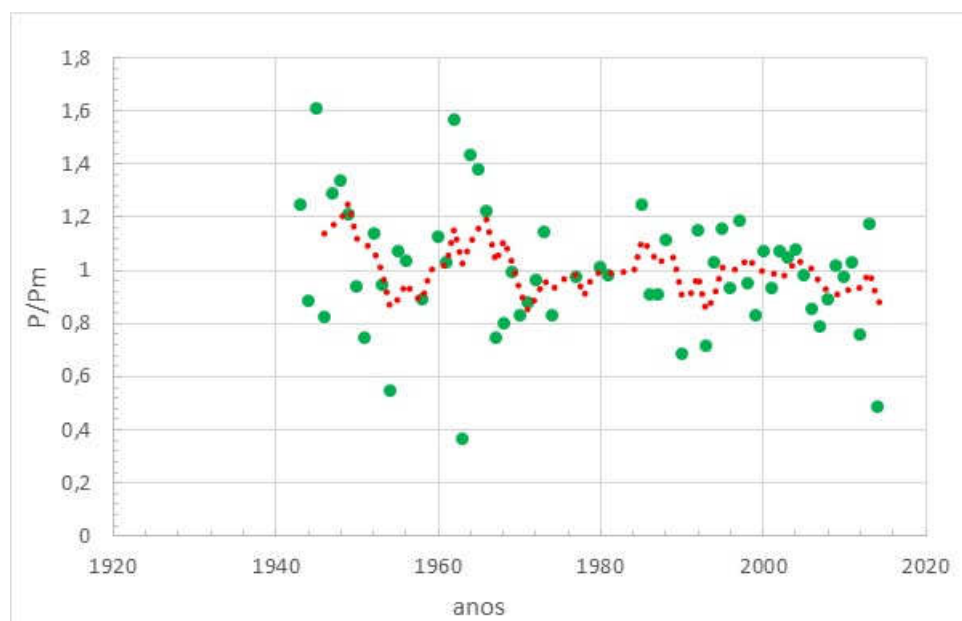


Figura 67: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 1943023.

Posto 1944004 – Ponte Nova do Paraopeba - série de 1945 a 2015 – bacia 40 – S. Francisco

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN  | JUL  | AGO  | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   | Total  |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Media  | 272,2 | 168,7 | 173,3 | 58,6  | 27,1  | 11,6 | 10,7 | 10,0 | 45,3  | 106,9 | 204,5 | 300,7 | 1389,4 |
| DP     | 132,4 | 98,9  | 94,5  | 43,2  | 24,9  | 16,8 | 19,5 | 16,7 | 38,8  | 67,2  | 85,4  | 123,8 | 305,9  |
| CV     | 0,5   | 0,6   | 0,5   | 0,7   | 0,9   | 1,5  | 1,8  | 1,7  | 0,9   | 0,6   | 0,4   | 0,4   | 0,2    |
| Max    | 623,0 | 450,0 | 463,5 | 161,5 | 100,4 | 66,7 | 75,0 | 77,0 | 178,9 | 341,6 | 479,6 | 637,3 | 2479,5 |
| Min    | 27,5  | 13,7  | 10,6  | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 4,2   | 65,2  | 73,5  | 512,7  |

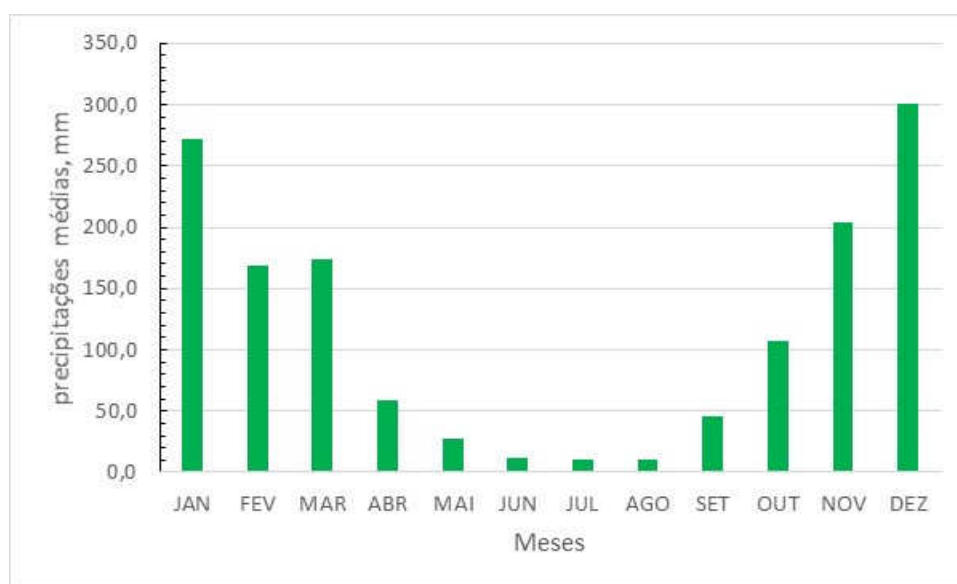


Figura 68: Variação sazonal do posto 1944004

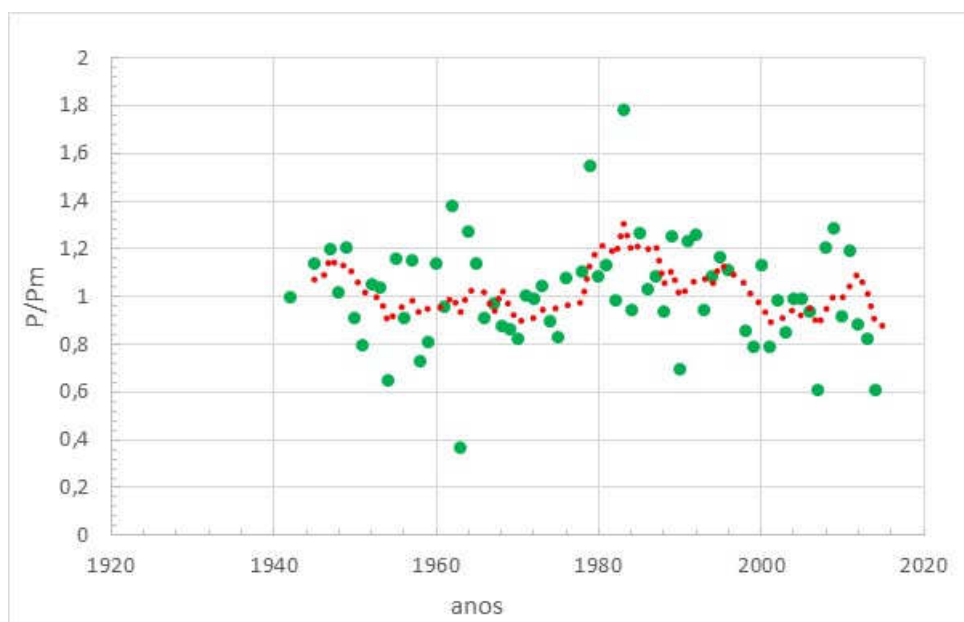


Figura 69 Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 1944004.

Posto 1944007 – Fazenda Escola Florestal- série de 1945 a 2015 – bacia 40 – S. Francisco

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN  | JUL  | AGO  | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   | Total  |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Media  | 269,8 | 154,5 | 163,4 | 59,1  | 22,9  | 11,9 | 11,1 | 8,0  | 39,1  | 99,8  | 213,5 | 303,6 | 1356,7 |
| DP     | 143,7 | 108,4 | 87,9  | 48,0  | 25,0  | 18,3 | 20,4 | 12,4 | 35,8  | 66,6  | 99,7  | 131,3 | 314,7  |
| CV     | 0,5   | 0,7   | 0,5   | 0,8   | 1,1   | 1,5  | 1,8  | 1,5  | 0,9   | 0,7   | 0,5   | 0,4   | 0,2    |
| Max    | 767,0 | 537,1 | 400,8 | 194,8 | 118,6 | 86,6 | 98,1 | 48,8 | 159,7 | 299,1 | 556,7 | 671,6 | 2008,0 |
| Min    | 15,5  | 4,0   | 17,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 2,3   | 6,0   | 83,7  | 384,7  |

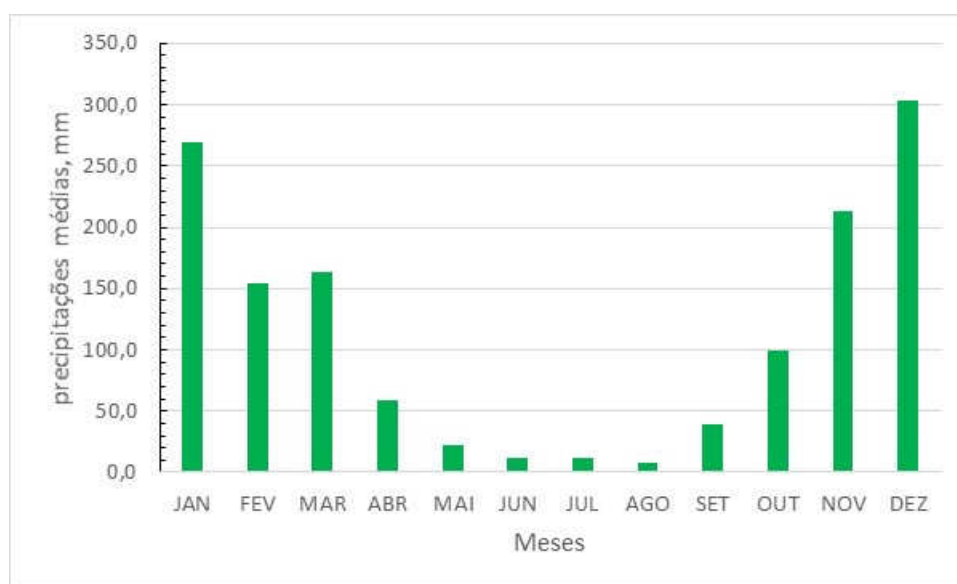


Figura 70: Variação sazonal do posto 194400.

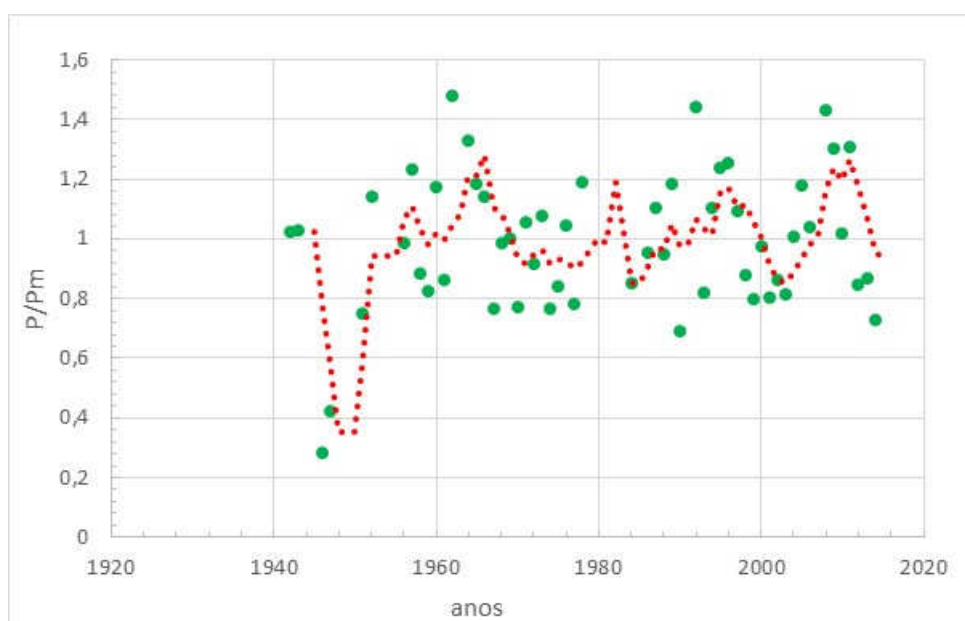


Figura 71: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 1944007.

Posto 2043002 – Lagoa Grande (MMV) - série de 1945 a 2015 – bacia 41 – S. Francisco

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN  | JUL  | AGO   | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   | Total  |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Media  | 300,7 | 192,2 | 183,7 | 68,4  | 31,3  | 15,0 | 11,5 | 12,6  | 49,0  | 126,9 | 236,5 | 323,3 | 1551,2 |
| DP     | 160,9 | 105,8 | 93,3  | 46,7  | 27,0  | 20,0 | 20,5 | 20,4  | 40,6  | 67,6  | 84,8  | 125,2 | 292,6  |
| CV     | 0,5   | 0,6   | 0,5   | 0,7   | 0,9   | 1,3  | 1,8  | 1,6   | 0,8   | 0,5   | 0,4   | 0,4   | 0,2    |
| Max    | 709,9 | 475,1 | 406,2 | 189,6 | 112,7 | 89,0 | 77,5 | 115,8 | 167,1 | 368,5 | 435,5 | 737,4 | 2148,2 |
| Min    | 28,8  | 2,4   | 26,6  | 0,5   | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 11,5  | 77,5  | 86,6  | 802,2  |

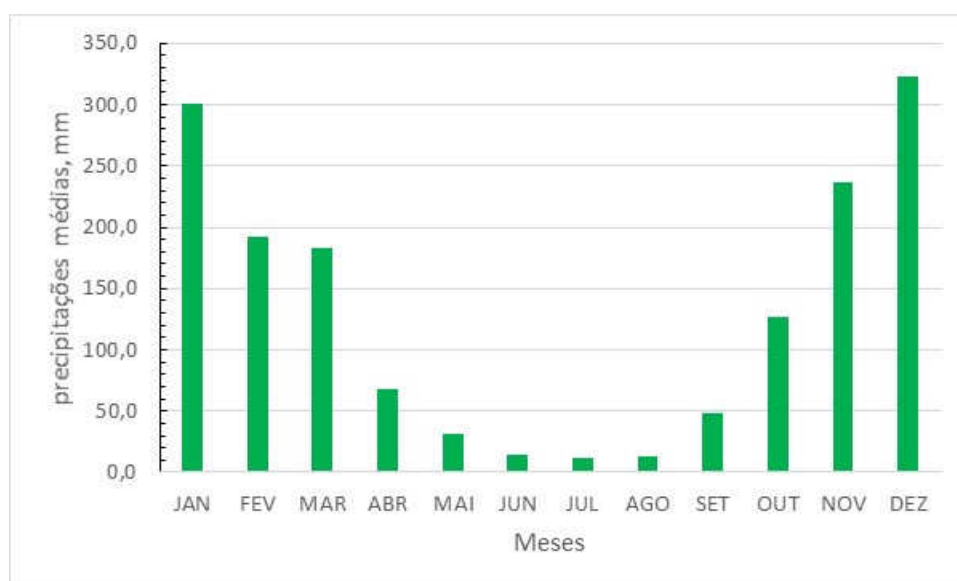


Figura 72: Variação sazonal do posto 2043002

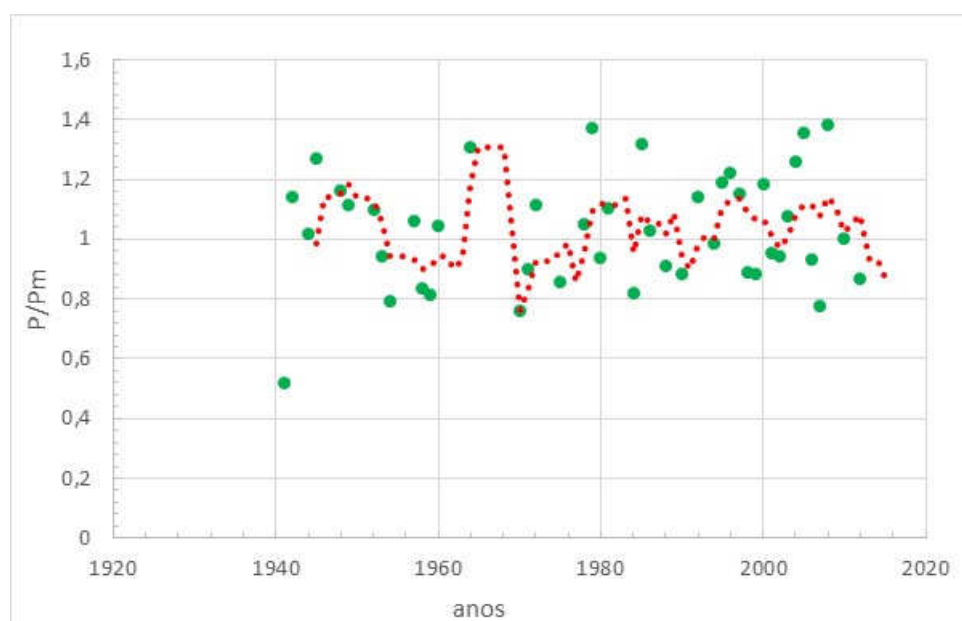


Figura 73: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 2043002

Posto 2045004 – Santana do Jacaé- série de 1945 a 2015 – bacia 61 – Paranaíba

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL   | AGO   | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   | Total  |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Media  | 271,9 | 180,2 | 174,5 | 66,3  | 39,2  | 20,4  | 14,5  | 13,2  | 50,0  | 106,1 | 175,8 | 279,5 | 1391,8 |
| DP     | 136,4 | 90,2  | 93,5  | 54,5  | 36,7  | 27,6  | 21,9  | 22,3  | 49,4  | 61,2  | 85,2  | 96,5  | 296,9  |
| CV     | 0,5   | 0,5   | 0,5   | 0,8   | 0,9   | 1,4   | 1,5   | 1,7   | 1,0   | 0,6   | 0,5   | 0,3   | 0,2    |
| Max    | 671,5 | 442,7 | 620,2 | 236,5 | 177,0 | 133,0 | 110,7 | 121,2 | 234,2 | 271,1 | 505,1 | 574,2 | 2132,2 |
| Min    | 33,2  | 0,0   | 10,1  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 11,7  | 51,4  | 49,7  | 655,4  |

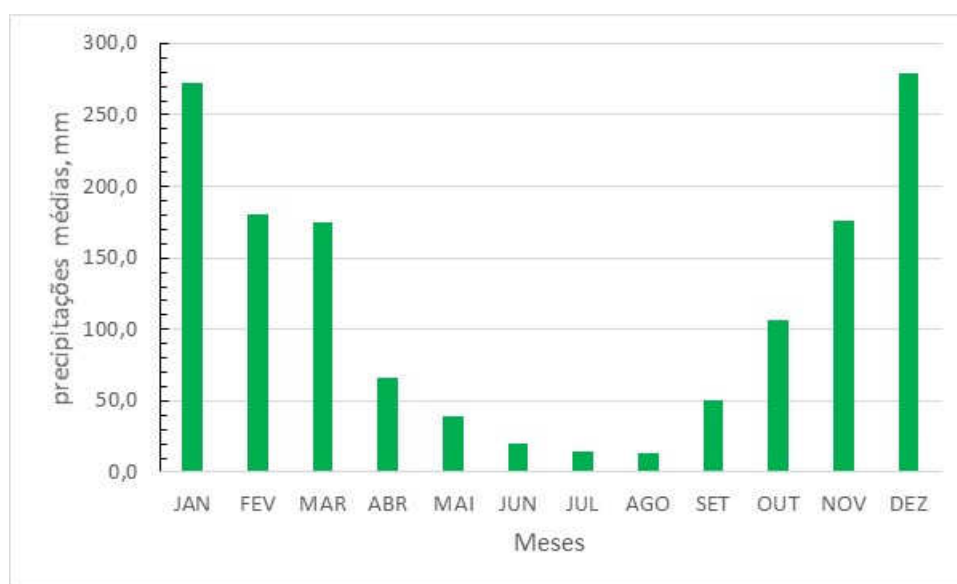


Figura 74: Variação sazonal do posto 2045004

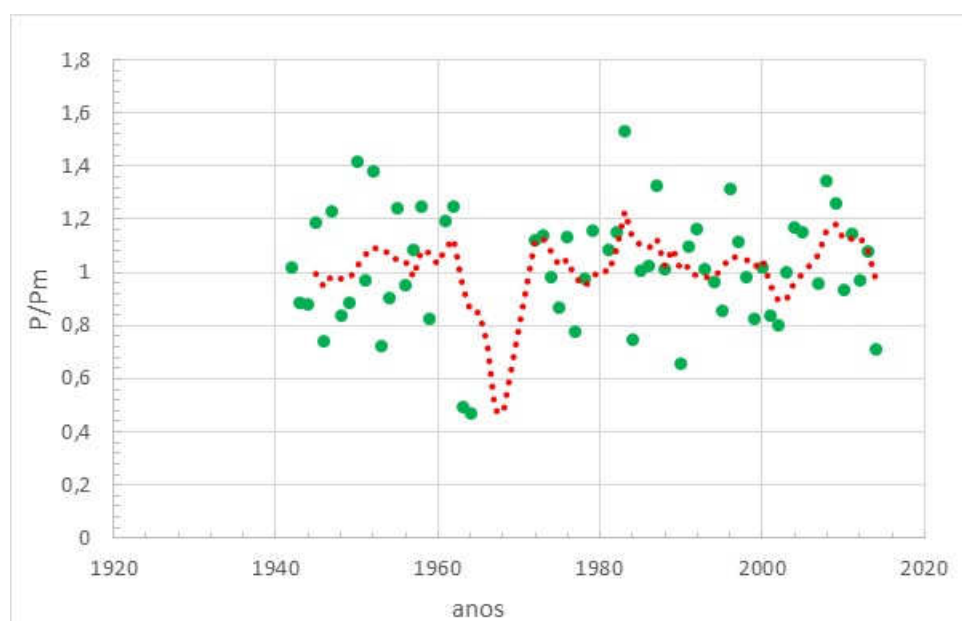


Figura 75: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 2045004.

Posto 2048004 – Fazenda São Domingos- série de 1945 a 2015 – bacia 61 – Paranaíba

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL  | AGO  | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   | Total |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Media  | 245,1 | 190,5 | 182,2 | 87,8  | 44,3  | 23,1  | 14,3 | 12,8 | 57,7  | 115,4 | 175,7 | 242,9 | 245,1 |
| DP     | 108,1 | 97,1  | 87,9  | 51,3  | 40,0  | 30,7  | 20,5 | 19,6 | 47,7  | 62,8  | 77,0  | 82,2  | 108,1 |
| CV     | 0,4   | 0,5   | 0,5   | 0,6   | 0,9   | 1,3   | 1,4  | 1,5  | 0,8   | 0,5   | 0,4   | 0,3   | 0,4   |
| Max    | 501,6 | 414,6 | 446,6 | 209,5 | 155,0 | 118,2 | 87,8 | 85,0 | 182,0 | 314,0 | 353,1 | 439,3 | 501,6 |
| Min    | 61,5  | 24,9  | 62,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 39,2  | 37,3  | 101,6 | 61,5  |

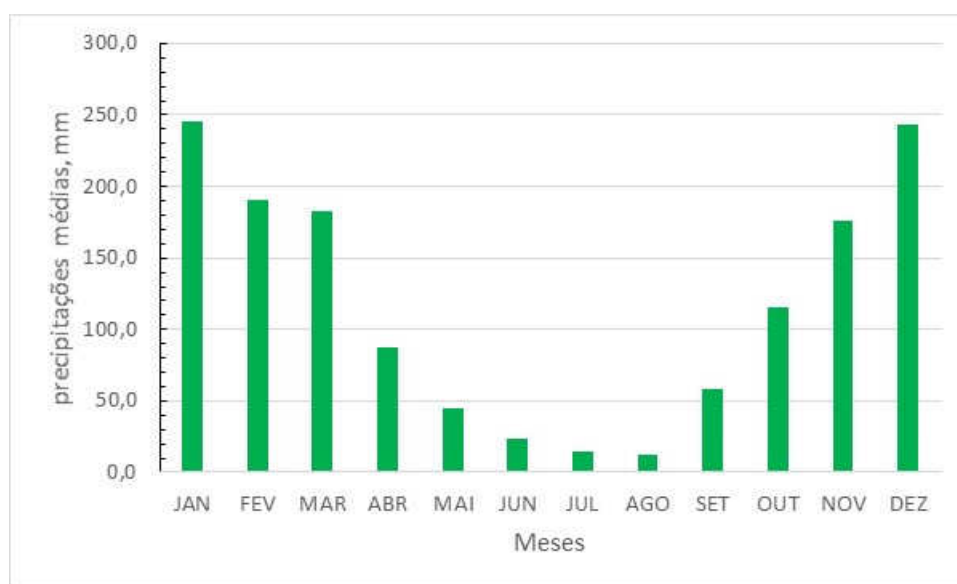


Figura 76: Variação sazonal do posto 2048004

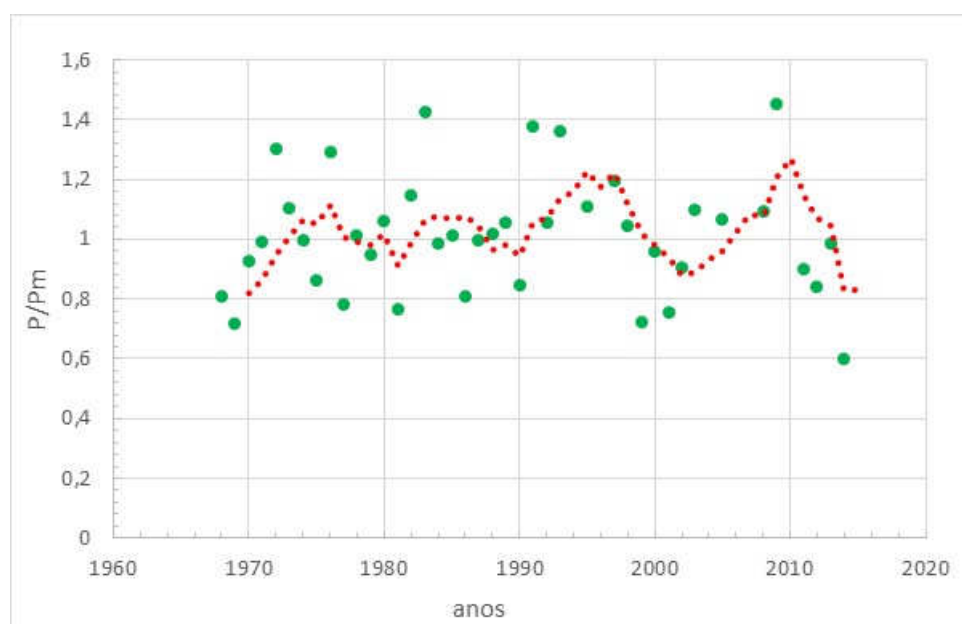


Figura 77: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 2048004.

## POSTOS FLUVIOMÉTRICOS

Posto 40050000 – Iguatama- série de 1931 a 2015 – bacia 40 –Alto São Francisco

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL   | AGO  | SET  | OUT   | NOV   | DEZ   | Total |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Media  | 226,1 | 219,3 | 182,9 | 122,6 | 77,8  | 59,3  | 47,4  | 39,0 | 37,0 | 46,1  | 73,6  | 152,2 | 106,9 |
| DP     | 114,3 | 115,2 | 86,1  | 58,4  | 26,8  | 20,8  | 12,4  | 9,0  | 10,5 | 18,0  | 36,8  | 76,5  | 32,6  |
| CV     | 0,5   | 0,5   | 0,5   | 0,5   | 0,3   | 0,4   | 0,3   | 0,2  | 0,3  | 0,4   | 0,5   | 0,5   | 0,3   |
| Max    | 535,5 | 550,8 | 474,2 | 346,6 | 187,1 | 194,6 | 112,3 | 82,6 | 88,5 | 134,6 | 219,9 | 416,8 | 238,8 |
| Min    | 48,0  | 41,8  | 42,0  | 43,5  | 28,0  | 29,4  | 23,8  | 20,4 | 18,1 | 20,7  | 23,0  | 23,3  | 30,2  |

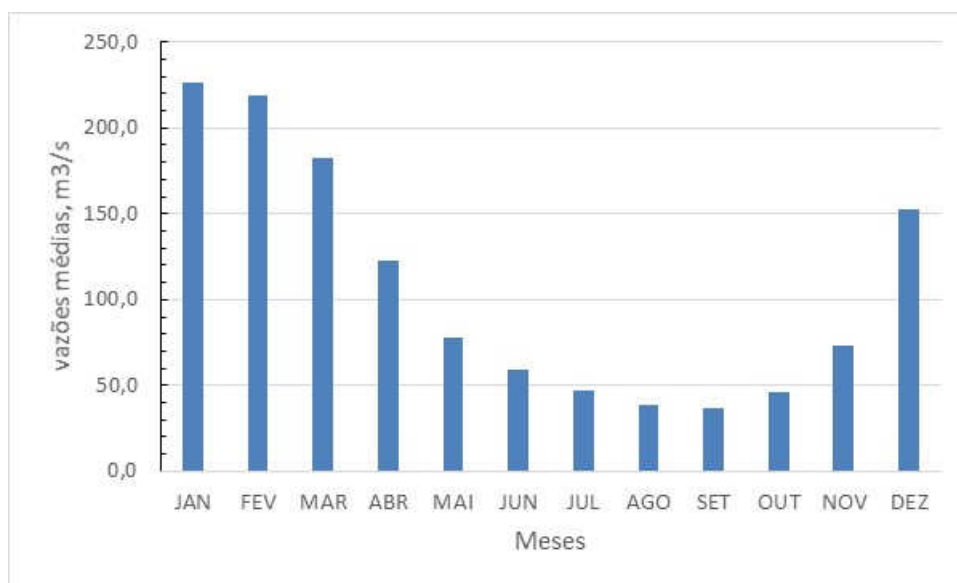


Figura 78: Variação sazonal do posto 40050000.

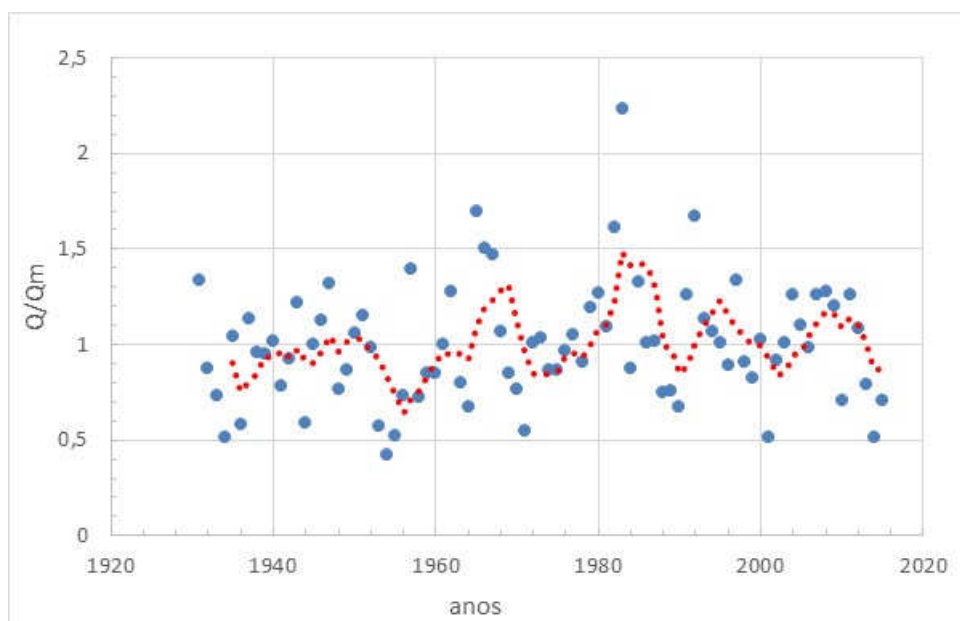


Figura 79 Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 40050000.

Posto 40100000 – Porto Andorinhas- série de 1956 a 2015 – bacia 40 –Alto São Francisco

| Estat. | JAN    | FEV    | MAR    | ABR   | MAI   | JUN   | JUL   | AGO   | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   | Total |
|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Media  | 478,8  | 484,2  | 400,1  | 272,8 | 162,5 | 121,6 | 93,8  | 75,2  | 68,6  | 87,6  | 155,2 | 310,6 | 225,9 |
| DP     | 220,7  | 275,2  | 189,4  | 138,2 | 64,9  | 49,5  | 29,8  | 21,6  | 22,2  | 42,7  | 87,6  | 137,1 | 65,4  |
| CV     | 0,5    | 0,6    | 0,5    | 0,5   | 0,4   | 0,4   | 0,3   | 0,3   | 0,3   | 0,5   | 0,6   | 0,4   | 0,3   |
| Max    | 1183,7 | 1653,8 | 1022,6 | 663,4 | 421,9 | 386,4 | 231,5 | 167,3 | 174,9 | 292,9 | 474,6 | 655,3 | 400,8 |
| Min    | 76,3   | 53,8   | 89,2   | 66,9  | 40,2  | 45,3  | 33,6  | 27,8  | 33,9  | 35,3  | 56,4  | 43,0  | 84,5  |

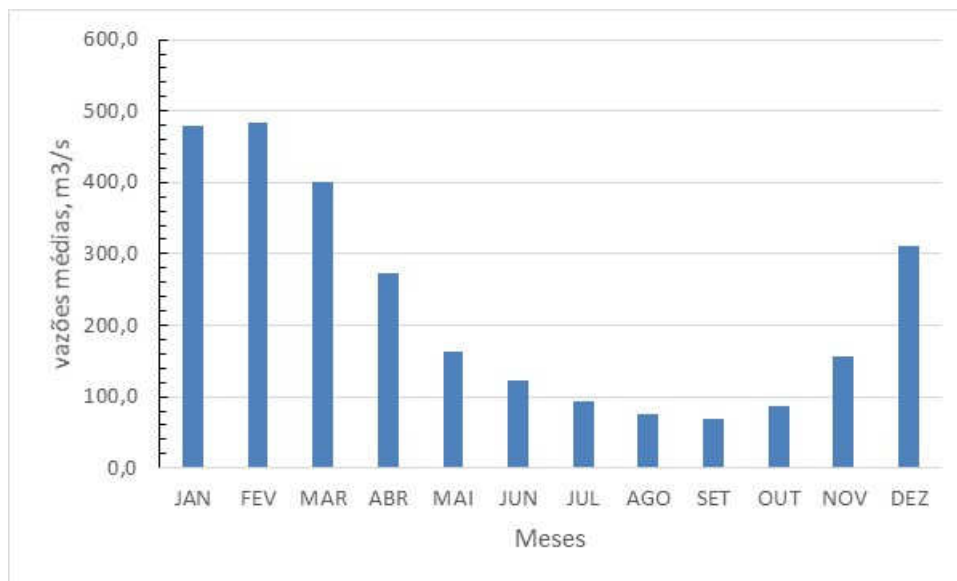


Figura 80: Variação sazonal do posto 40050000.

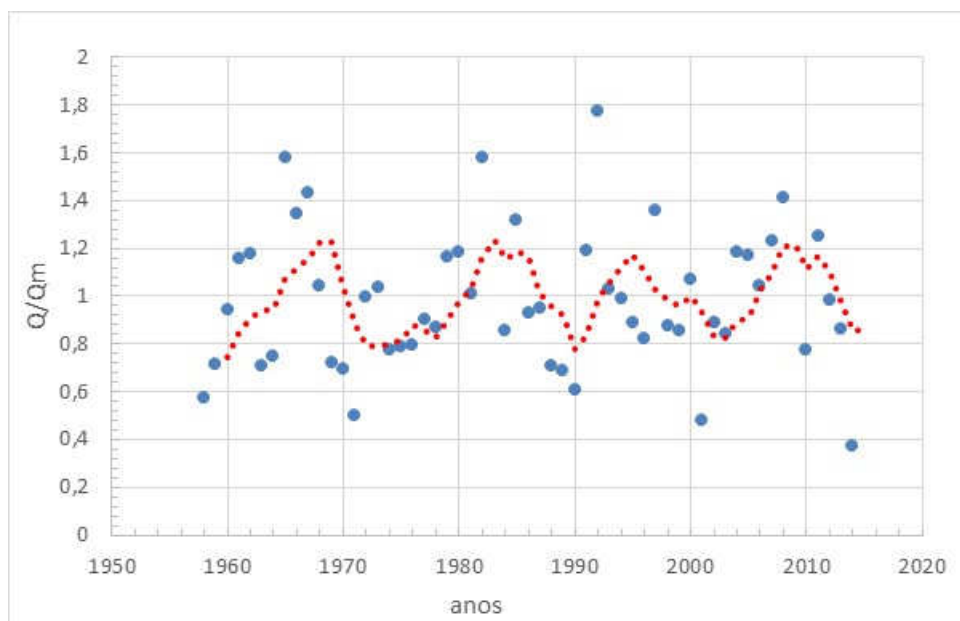


Figura 81: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 40050000.



Posto 41050000 – Major Porto- série de 1969 a 2015 – bacia 41

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR  | ABR  | MAI  | JUN  | JUL  | AGO  | SET | OUT  | NOV  | DEZ   | Total |
|--------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|-------|-------|
| Media  | 45,8  | 37,6  | 34,2 | 21,6 | 12,5 | 8,7  | 6,7  | 5,4  | 5,0 | 7,2  | 16,2 | 36,8  | 19,8  |
| DP     | 27,3  | 28,3  | 18,8 | 12,0 | 6,6  | 3,3  | 2,2  | 1,7  | 1,4 | 3,8  | 11,1 | 24,0  | 7,3   |
| CV     | 0,6   | 0,8   | 0,6  | 0,6  | 0,5  | 0,4  | 0,3  | 0,3  | 0,3 | 0,5  | 0,7  | 0,7   | 0,4   |
| Max    | 129,3 | 133,1 | 94,6 | 57,7 | 38,4 | 17,2 | 12,9 | 10,0 | 8,9 | 20,5 | 55,3 | 130,8 | 40,6  |
| Min    | 6,5   | 6,0   | 7,7  | 5,2  | 3,5  | 3,8  | 2,8  | 2,4  | 2,6 | 2,9  | 3,9  | 10,1  | 8,4   |

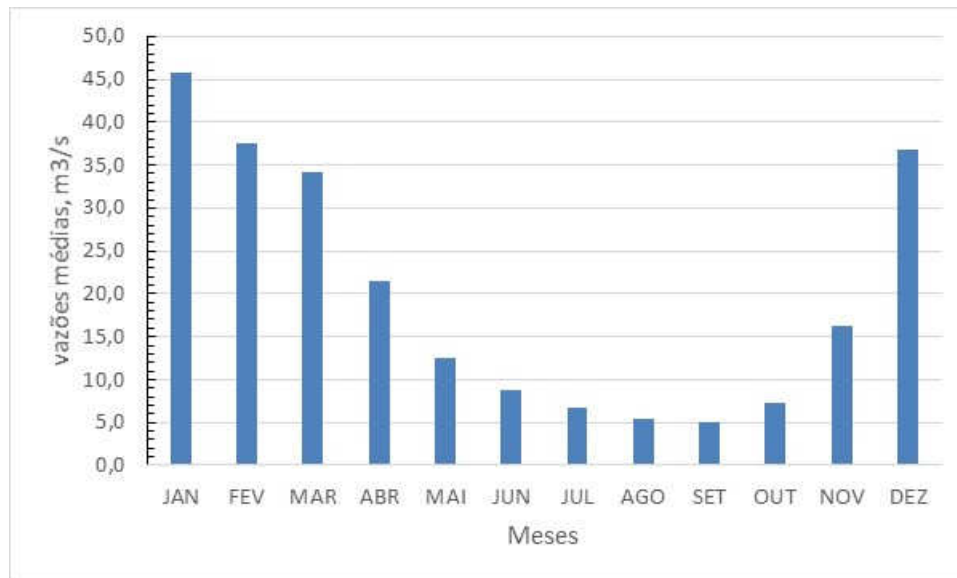


Figura 82: Variação sazonal do posto 40050000.

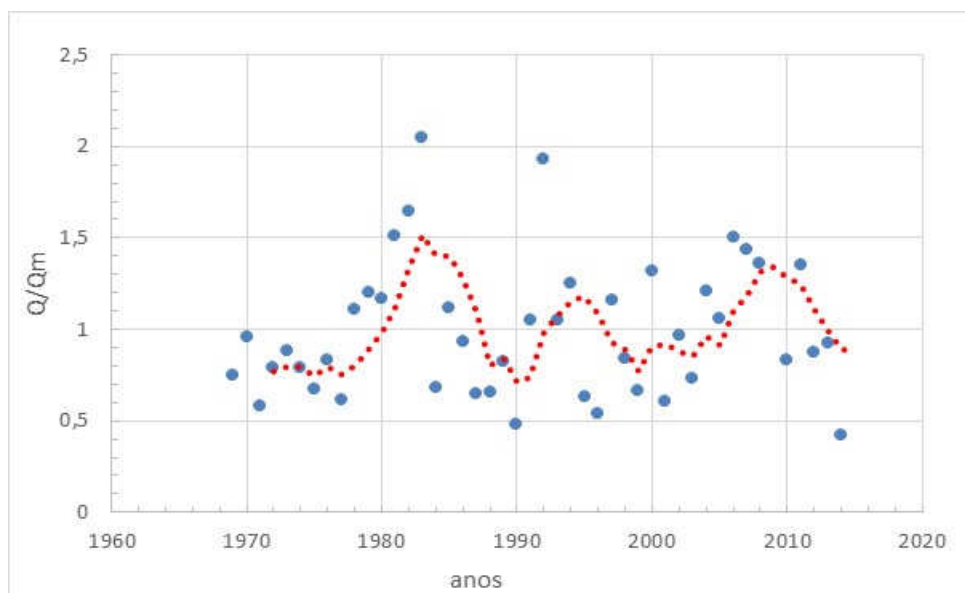


Figura 83: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 40050000.

Posto 41818000 – Santo Hipólito- série de 1931 a 2015 – bacia 41

| Estat. | JAN    | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL   | AGO   | SET   | OUT   | NOV   | DEZ    | Total |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Media  | 458,5  | 321,9 | 294,5 | 179,8 | 118,1 | 96,8  | 82,8  | 72,9  | 72,7  | 96,6  | 205,8 | 386,6  | 198,9 |
| DP     | 268,0  | 172,3 | 152,5 | 79,3  | 43,2  | 32,3  | 24,5  | 21,0  | 22,0  | 36,4  | 107,6 | 185,8  | 64,8  |
| CV     | 0,6    | 0,5   | 0,5   | 0,4   | 0,4   | 0,3   | 0,3   | 0,3   | 0,3   | 0,4   | 0,5   | 0,5    | 0,3   |
| Max    | 1177,4 | 850,9 | 735,1 | 464,1 | 246,7 | 196,1 | 149,3 | 127,8 | 129,3 | 211,9 | 645,4 | 1110,4 | 380,8 |
| Min    | 56,2   | 68,6  | 84,0  | 65,3  | 44,3  | 44,5  | 38,2  | 32,4  | 31,0  | 26,7  | 67,4  | 82,5   | 75,7  |

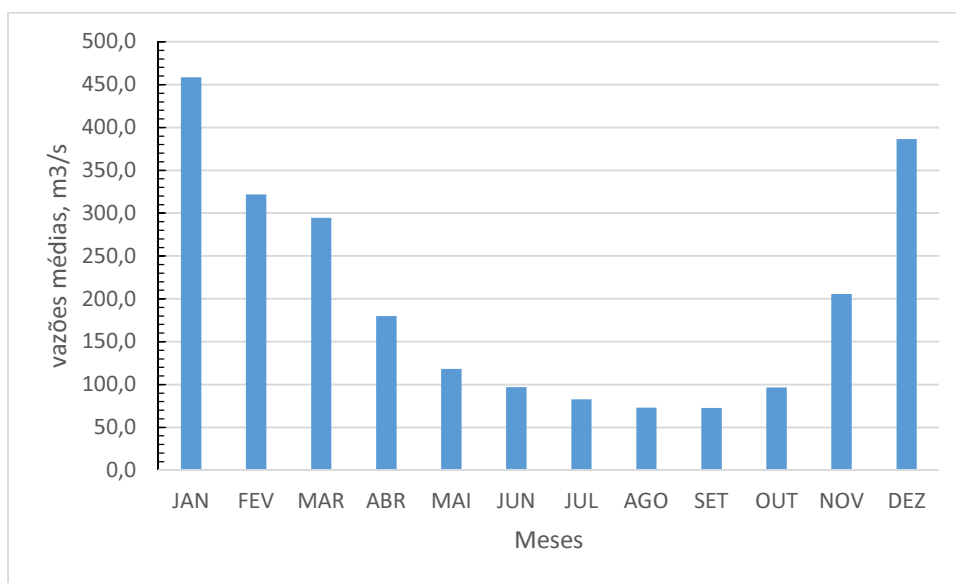


Figura 84: Variação sazonal do posto 41818000

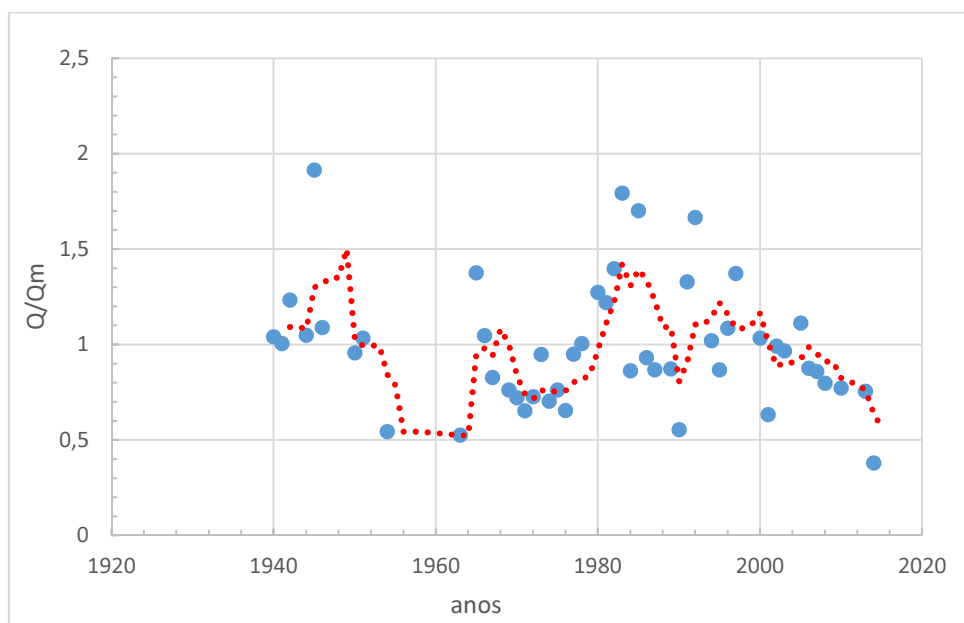


Figura 85: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 41818000

Posto 42290000 – Ponte da BR-040 Paracatu - série de 1965 a 2015 – bacia 42

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN  | JUL  | AGO  | SET  | OUT   | NOV   | DEZ   | Total |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Media  | 222,1 | 195,1 | 164,6 | 109,1 | 59,9  | 45,2 | 35,9 | 29,5 | 27,2 | 36,9  | 78,9  | 164,3 | 97,4  |
| DP     | 131,0 | 151,8 | 92,9  | 55,4  | 23,3  | 16,7 | 12,7 | 9,4  | 8,6  | 20,3  | 55,1  | 101,6 | 34,9  |
| CV     | 0,6   | 0,8   | 0,6   | 0,5   | 0,4   | 0,4  | 0,4  | 0,3  | 0,3  | 0,6   | 0,7   | 0,6   | 0,4   |
| Max    | 479,9 | 684,3 | 432,4 | 265,2 | 116,7 | 84,0 | 68,7 | 50,2 | 45,6 | 135,6 | 254,2 | 400,9 | 190,0 |
| Min    | 31,5  | 31,4  | 37,8  | 24,7  | 19,9  | 14,7 | 10,9 | 12,1 | 12,7 | 11,1  | 27,3  | 43,5  | 34,4  |

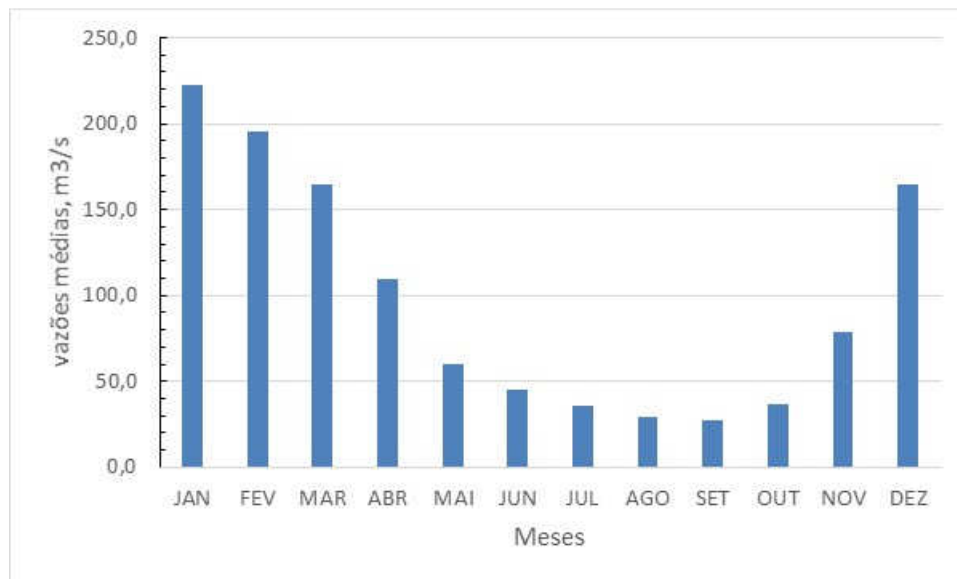


Figura 86: Variação sazonal do posto 42290000

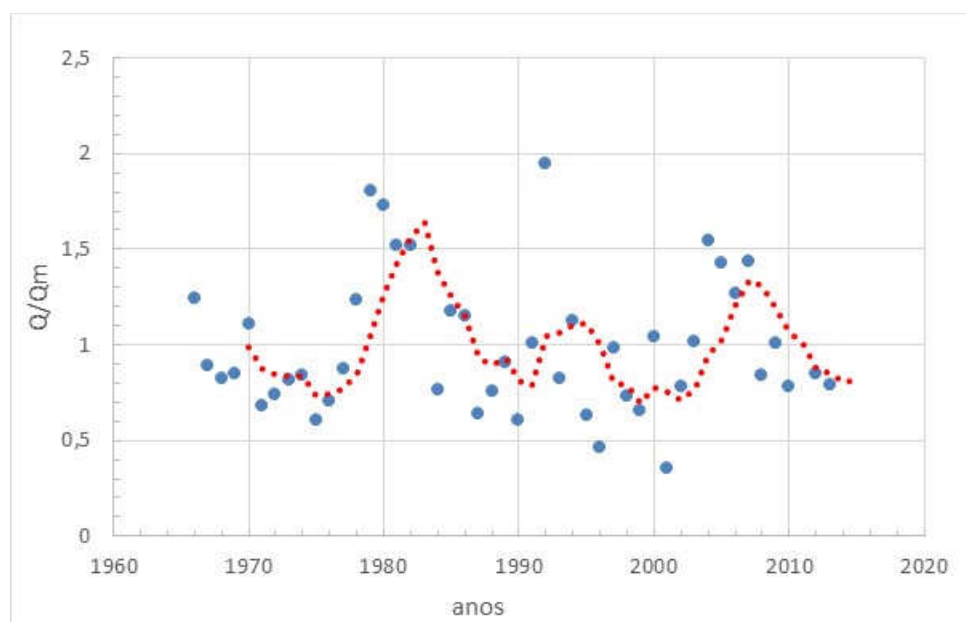


Figura 87: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 42290000

Posto 42690000 – Porto Extrema- série de 1955 a 2015 – bacia 42

| Estat. | JAN    | FEV    | MAR    | ABR    | MAI   | JUN   | JUL   | AGO   | SET   | OUT   | NOV   | DEZ    | Total |
|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Media  | 643,2  | 623,8  | 574,4  | 403,7  | 224,0 | 165,7 | 130,5 | 104,1 | 89,5  | 116,9 | 256,5 | 522,7  | 321,2 |
| DP     | 316,4  | 418,5  | 297,3  | 220,5  | 94,1  | 69,6  | 55,3  | 43,9  | 38,3  | 56,9  | 162,5 | 322,3  | 112,9 |
| CV     | 0,5    | 0,7    | 0,5    | 0,5    | 0,4   | 0,4   | 0,4   | 0,4   | 0,4   | 0,5   | 0,6   | 0,6    | 0,4   |
| Max    | 1254,2 | 2069,2 | 1304,2 | 1149,4 | 511,6 | 356,4 | 281,0 | 217,2 | 177,4 | 337,3 | 831,8 | 1536,7 | 642,8 |
| Min    | 101,4  | 106,1  | 144,8  | 95,8   | 58,8  | 54,8  | 41,8  | 36,7  | 37,5  | 32,3  | 96,1  | 97,9   | 123,1 |

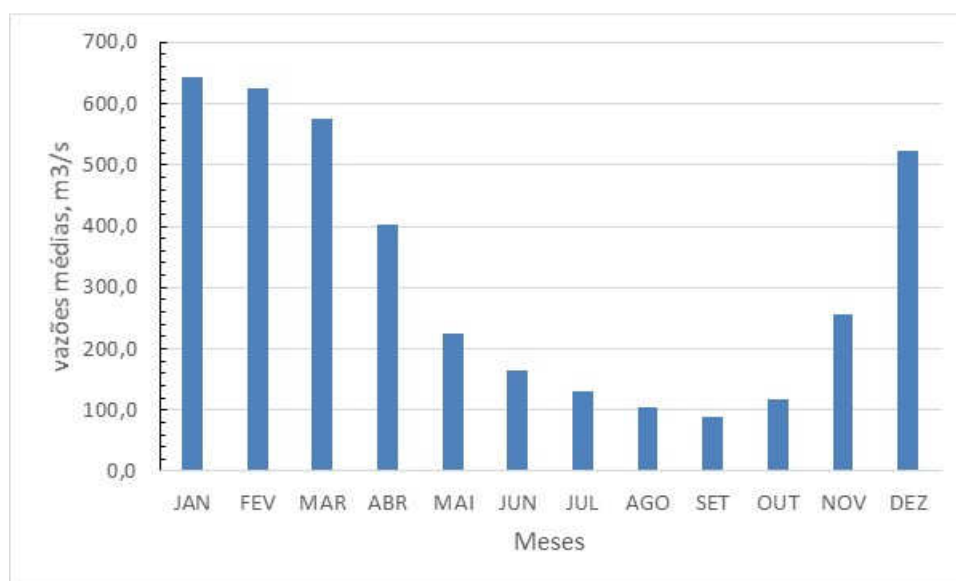


Figura 88: Variação sazonal do posto 42690000

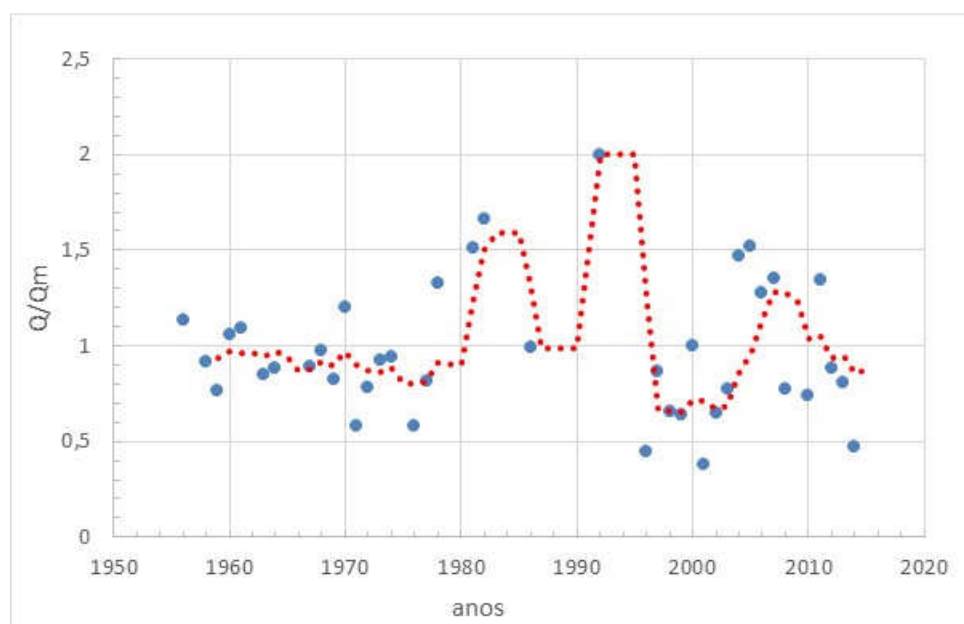


Figura 89: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 42690000

Posto 43200000 – São Romão- série de 1952 a 2015 – bacia 43

| Estat. | JAN    | FEV     | MAR    | ABR    | MAI    | JUN    | JUL    | AGO    | SET    | OUT    | NOV    | DEZ    | Total  |
|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Media  | 3083,0 | 2811,8  | 2379,6 | 1698,6 | 1086,8 | 914,6  | 823,0  | 749,8  | 731,4  | 912,8  | 1532,7 | 2515,3 | 1603,3 |
| DP     | 1472,0 | 1993,2  | 1147,0 | 804,7  | 408,8  | 313,8  | 280,8  | 272,6  | 274,2  | 359,8  | 699,2  | 1130,9 | 559,0  |
| CV     | 0,5    | 0,7     | 0,5    | 0,5    | 0,4    | 0,3    | 0,3    | 0,4    | 0,4    | 0,4    | 0,5    | 0,4    | 0,3    |
| Max    | 6377,9 | 11518,2 | 5371,3 | 4351,0 | 2957,7 | 1944,5 | 1765,3 | 1422,8 | 1331,5 | 1920,4 | 4048,7 | 5637,1 | 3581,7 |
| Min    | 355,4  | 849,8   | 805,6  | 595,9  | 451,1  | 373,4  | 283,0  | 230,7  | 188,7  | 220,1  | 489,4  | 704,6  | 651,6  |

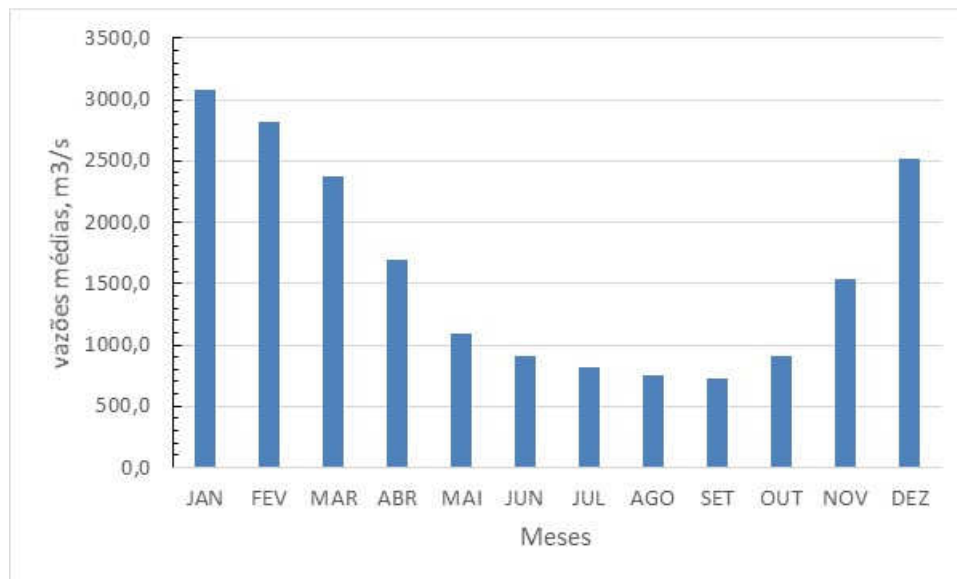


Figura 90: Variação sazonal do posto 43200000

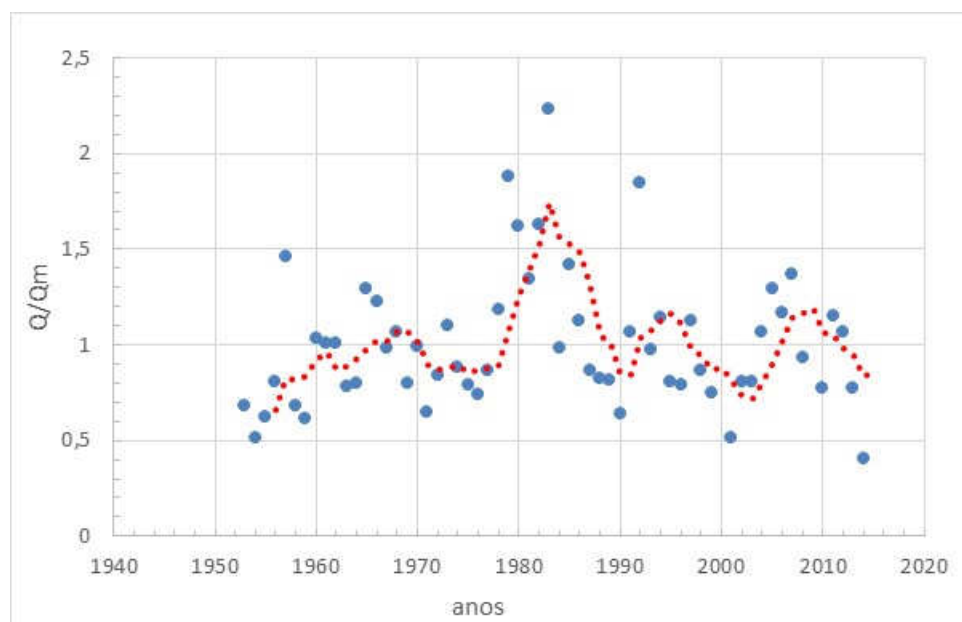


Figura 91: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 43200000

Posto 43880000 – Santo Inacio- série de 1963 a 2015 – bacia 43

| Estat. | JAN    | FEV    | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL   | AGO   | SET   | OUT   | NOV   | DEZ    | Total |
|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Media  | 450,1  | 388,3  | 407,7 | 298,5 | 140,7 | 99,9  | 78,8  | 62,3  | 57,3  | 102,1 | 257,1 | 439,4  | 231,8 |
| DP     | 254,6  | 269,9  | 214,6 | 158,2 | 60,2  | 43,8  | 33,1  | 27,5  | 27,0  | 59,2  | 139,5 | 210,3  | 81,3  |
| CV     | 0,6    | 0,7    | 0,5   | 0,5   | 0,4   | 0,4   | 0,4   | 0,4   | 0,5   | 0,6   | 0,5   | 0,5    | 0,4   |
| Max    | 1125,4 | 1193,5 | 886,7 | 666,1 | 273,3 | 202,5 | 158,5 | 125,8 | 134,3 | 276,1 | 804,6 | 1029,2 | 412,4 |
| Min    | 93,0   | 82,4   | 92,0  | 81,8  | 52,8  | 40,9  | 36,0  | 28,0  | 20,0  | 20,4  | 65,0  | 160,6  | 104,9 |

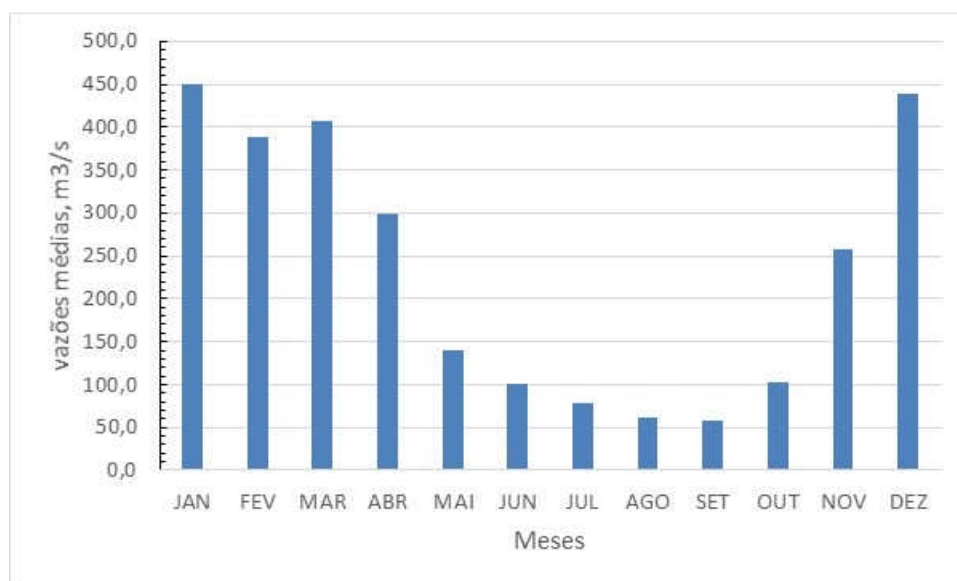


Figura 92: Variação sazonal do posto 43880000

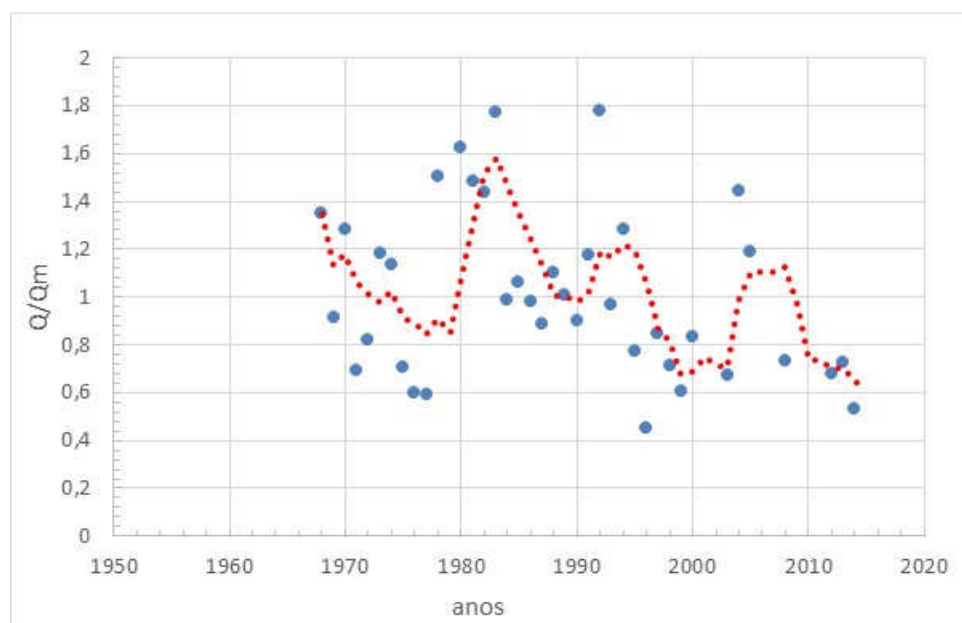


Figura 93: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 43880000.

Posto 54150000 – Porto Mandacaru- série de 1945 a 2015 – bacia 54

| Estat. | JAN    | FEV    | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL   | AGO   | SET   | OUT   | NOV   | DEZ    | Total |
|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Media  | 350,7  | 239,8  | 219,0 | 133,9 | 74,8  | 61,3  | 54,1  | 47,2  | 46,1  | 76,9  | 184,0 | 328,2  | 151,3 |
| DP     | 247,5  | 244,8  | 151,0 | 93,7  | 38,0  | 32,5  | 30,2  | 30,1  | 30,9  | 53,7  | 117,8 | 213,1  | 64,2  |
| CV     | 0,7    | 1,0    | 0,7   | 0,7   | 0,5   | 0,5   | 0,6   | 0,6   | 0,7   | 0,7   | 0,6   | 0,6    | 0,4   |
| Max    | 1009,7 | 1593,4 | 624,8 | 539,7 | 204,0 | 142,2 | 158,8 | 180,8 | 151,0 | 230,4 | 693,1 | 1060,1 | 388,1 |
| Min    | 5,8    | 8,7    | 9,9   | 7,9   | 9,4   | 22,8  | 18,9  | 14,3  | 13,5  | 17,3  | 27,8  | 62,5   | 47,1  |

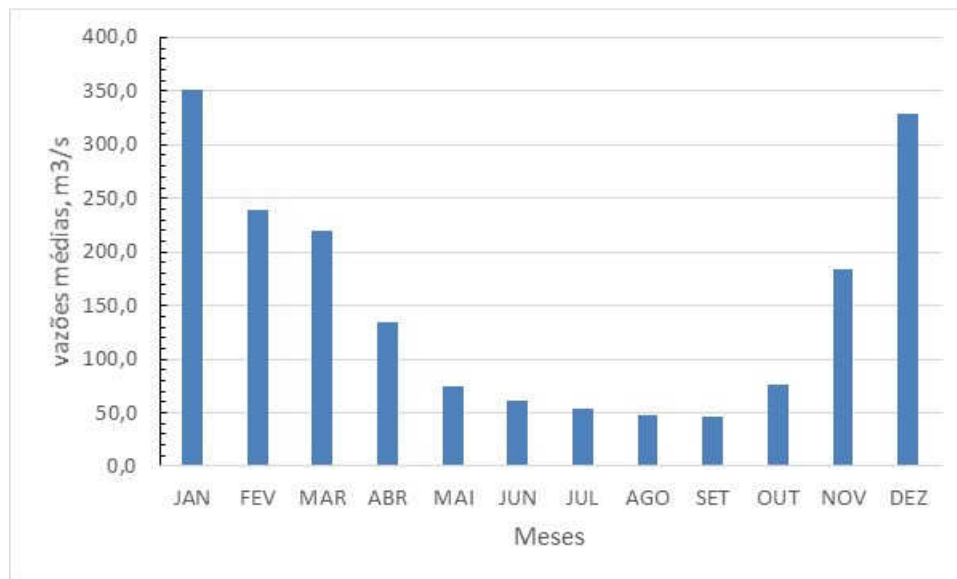


Figura 94: Variação sazonal do posto 54150000

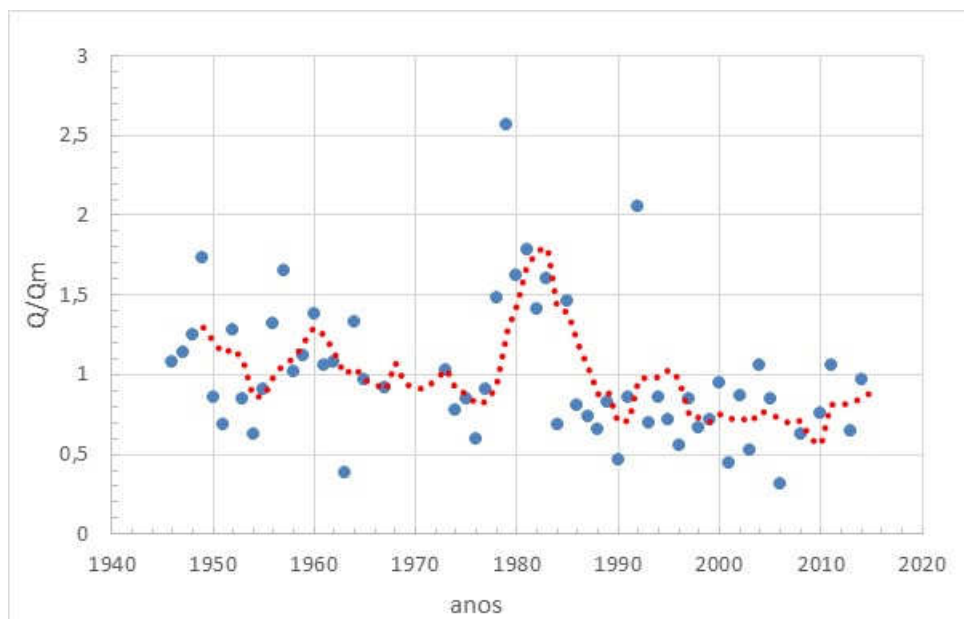


Figura 95: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 54150000.

Posto 54195000 – Barra do Salina- série de 1974 a 2015 – bacia 54

| Estat. | JAN    | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL   | AGO   | SET   | OUT   | NOV   | DEZ    | Total |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Media  | 405,4  | 203,6 | 209,8 | 128,4 | 76,8  | 67,0  | 60,7  | 53,2  | 51,7  | 76,3  | 193,8 | 308,7  | 153,0 |
| DP     | 384,2  | 160,2 | 165,6 | 91,6  | 42,2  | 36,7  | 32,5  | 31,5  | 29,7  | 42,5  | 155,5 | 184,7  | 59,6  |
| CV     | 0,9    | 0,8   | 0,8   | 0,7   | 0,5   | 0,5   | 0,5   | 0,6   | 0,6   | 0,6   | 0,8   | 0,6    | 0,4   |
| Max    | 1582,0 | 753,9 | 762,0 | 428,0 | 212,0 | 163,9 | 132,6 | 150,2 | 126,3 | 173,5 | 854,5 | 1010,5 | 306,0 |
| Min    | 52,4   | 57,8  | 39,8  | 31,9  | 22,7  | 21,7  | 21,3  | 17,3  | 14,9  | 26,0  | 46,7  | 76,1   | 73,2  |

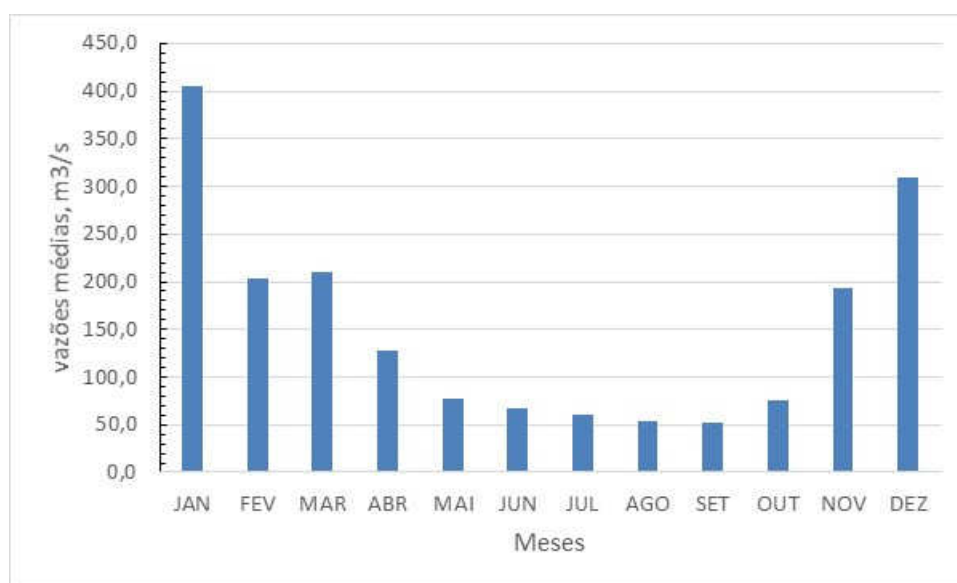


Figura 96: Variação sazonal do posto 54195000

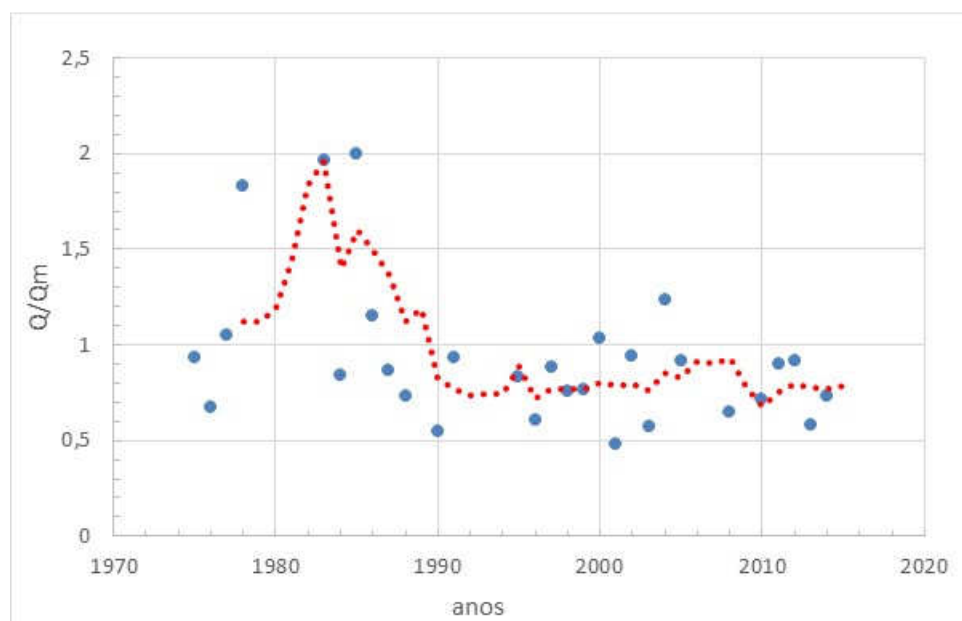


Figura 97: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 54195000.



Posto 56750000 –Conceição da Mata de Dentro-série de 1946 a 2015–bacia 56

| Estat. | JAN  | FEV  | MAR  | ABR  | MAI  | JUN | JUL | AGO | SET | OUT  | NOV  | DEZ  | Total |
|--------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|
| Media  | 13,2 | 10,3 | 9,9  | 7,1  | 4,5  | 3,6 | 3,0 | 2,6 | 2,7 | 4,0  | 9,0  | 12,9 | 6,9   |
| DP     | 7,5  | 7,2  | 6,2  | 3,8  | 2,3  | 1,8 | 1,5 | 1,4 | 1,5 | 2,1  | 4,4  | 6,2  | 2,7   |
| CV     | 0,6  | 0,7  | 0,6  | 0,5  | 0,5  | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,4   |
| Max    | 35,2 | 42,8 | 36,1 | 20,2 | 12,0 | 9,1 | 8,2 | 7,0 | 7,2 | 10,8 | 20,3 | 34,6 | 15,0  |
| Min    | 1,8  | 1,8  | 2,5  | 2,1  | 1,3  | 1,2 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 0,8  | 1,6  | 4,0  | 2,7   |

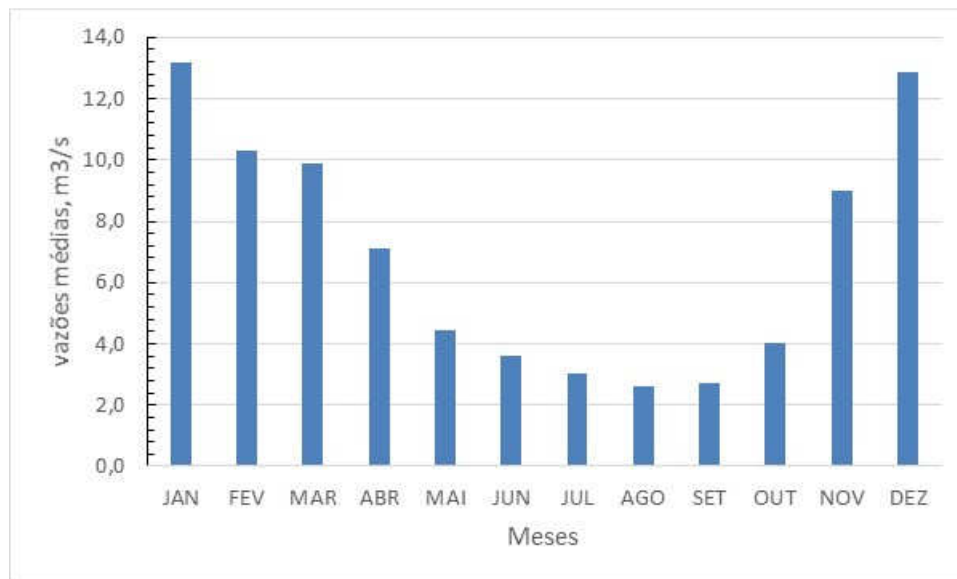


Figura 98: Variação sazonal do posto 56750000

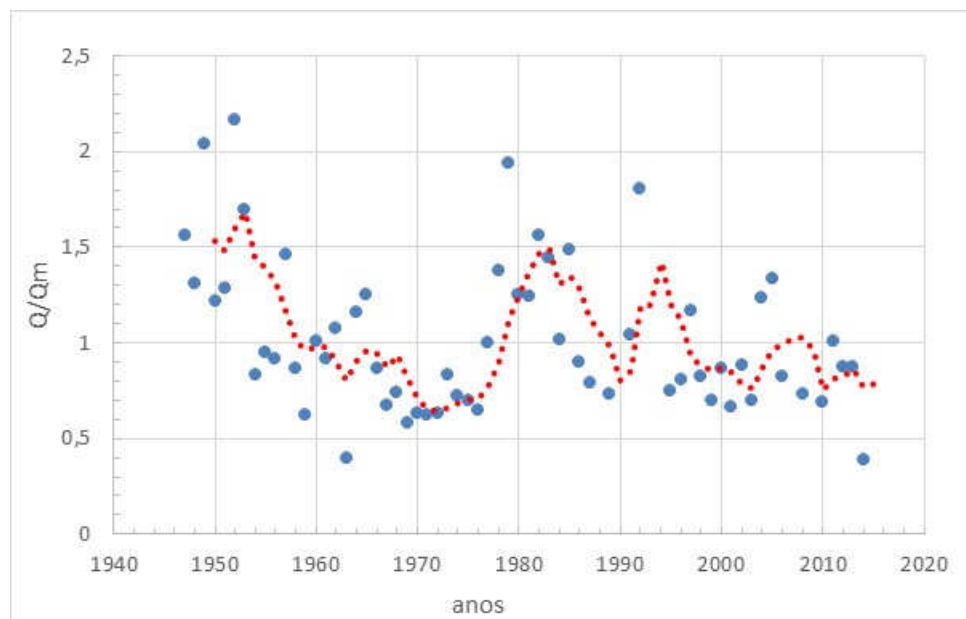


Figura 99: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 56750000

Posto 56845000 – Fazenda Corrente- série de 1952 a 2015 – bacia 56

| Estat. | JAN  | FEV  | MAR  | ABR  | MAI  | JUN  | JUL  | AGO  | SET  | OUT  | NOV  | DEZ  | Total |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Media  | 21,7 | 16,6 | 15,5 | 11,8 | 8,4  | 7,1  | 6,3  | 5,5  | 5,5  | 6,9  | 13,4 | 20,1 | 11,6  |
| DP     | 10,7 | 11,2 | 8,6  | 5,9  | 3,6  | 2,8  | 2,5  | 2,2  | 2,5  | 3,2  | 6,1  | 8,6  | 3,9   |
| CV     | 0,5  | 0,7  | 0,6  | 0,5  | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,4  | 0,3   |
| Max    | 52,0 | 65,9 | 39,6 | 34,2 | 21,6 | 16,2 | 13,2 | 11,9 | 14,7 | 14,3 | 36,6 | 44,7 | 21,2  |
| Min    | 2,1  | 3,0  | 3,9  | 3,9  | 2,4  | 2,2  | 1,9  | 1,7  | 1,3  | 2,3  | 2,4  | 5,6  | 4,2   |

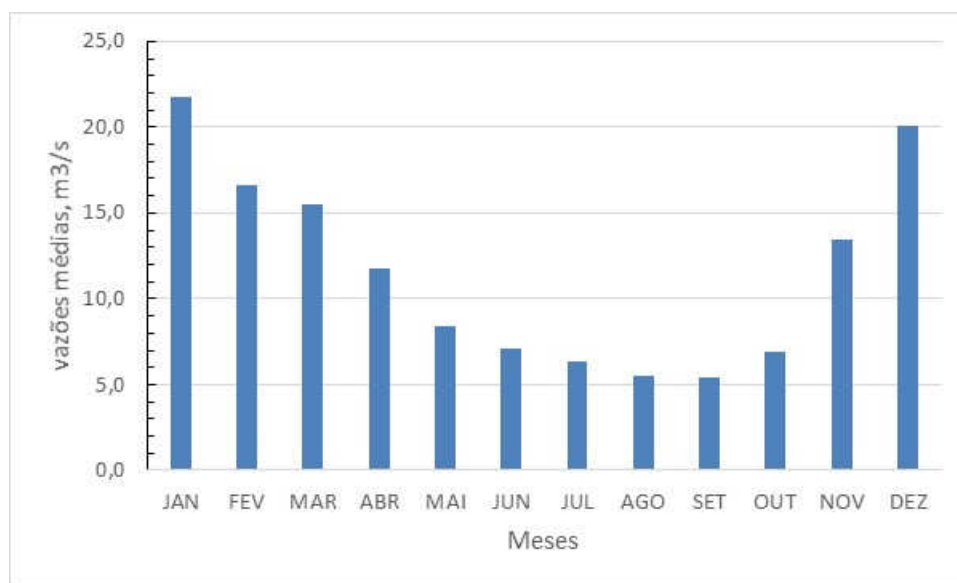


Figura 100: Variação sazonal do posto 56750000

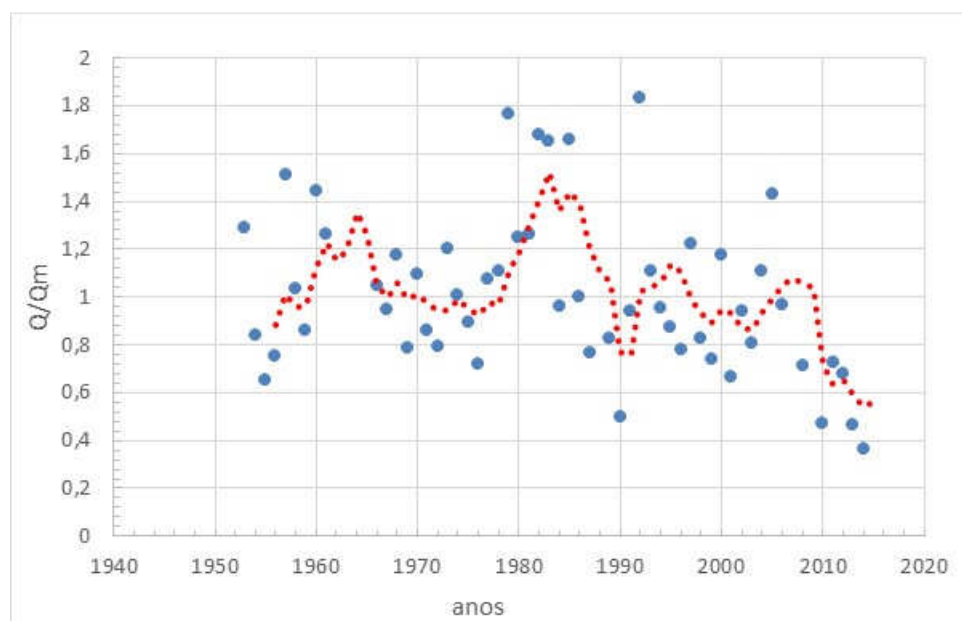


Figura 101: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 56750000

Posto 60010000 – Santana dos Patos- série de 1949 a 2015 – bacia 60

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI  | JUN  | JUL  | AGO  | SET  | OUT  | NOV  | DEZ   | Total |
|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Media  | 89,5  | 87,1  | 82,2  | 60,3  | 40,4 | 30,4 | 23,3 | 18,3 | 15,4 | 18,5 | 30,5 | 63,5  | 46,6  |
| DP     | 46,3  | 45,6  | 39,4  | 24,9  | 13,7 | 10,3 | 7,7  | 6,3  | 5,0  | 8,7  | 16,7 | 35,6  | 14,5  |
| CV     | 0,5   | 0,5   | 0,5   | 0,4   | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,5  | 0,5  | 0,6   | 0,3   |
| Max    | 217,0 | 239,5 | 223,8 | 138,7 | 75,2 | 56,3 | 44,3 | 38,7 | 30,8 | 62,6 | 93,8 | 189,8 | 77,4  |
| Min    | 16,6  | 17,2  | 19,1  | 18,0  | 10,5 | 9,7  | 8,3  | 7,0  | 4,2  | 3,9  | 11,8 | 14,3  | 16,3  |

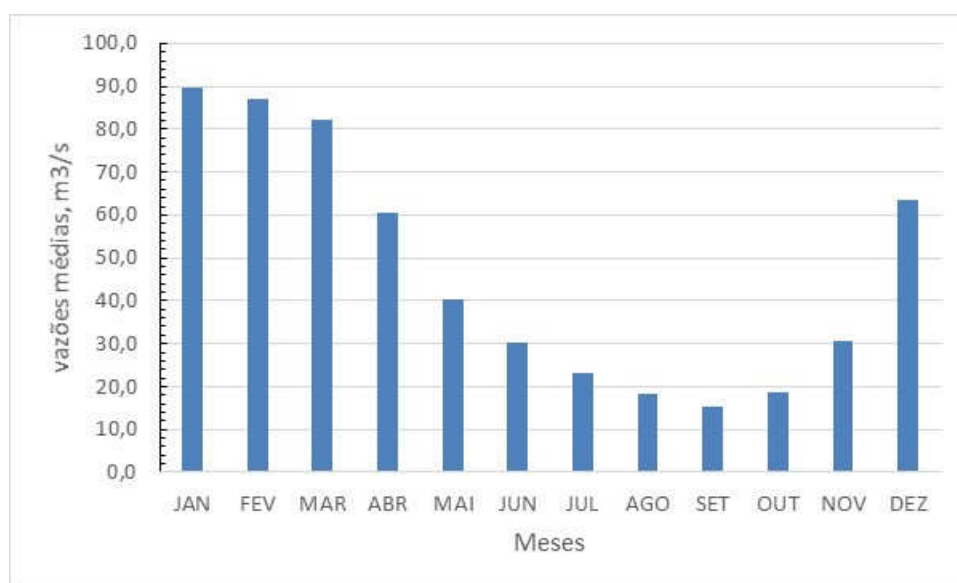


Figura 102: Variação sazonal do posto 60010000

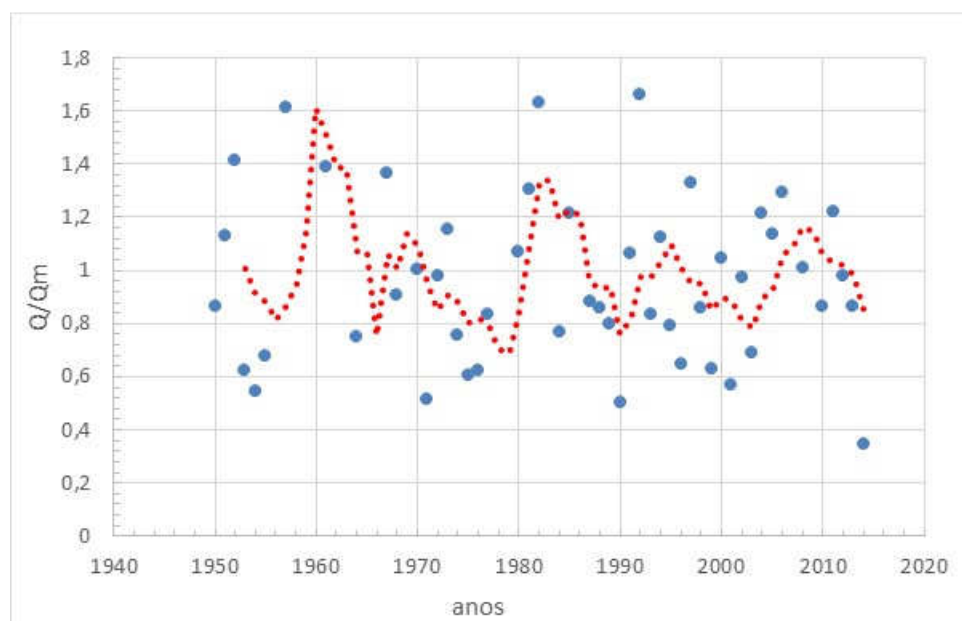


Figura 103: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 60010000.

Posto 60150000 – Estrela do Sul- série de 1942 a 2015 – bacia 60

| Estat. | JAN  | FEV  | MAR  | ABR  | MAI  | JUN  | JUL  | AGO  | SET  | OUT  | NOV  | DEZ  | Total |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Media  | 21,7 | 22,2 | 21,2 | 15,9 | 12,2 | 10,7 | 9,3  | 8,0  | 7,5  | 8,8  | 12,0 | 18,1 | 14,0  |
| DP     | 9,2  | 11,0 | 8,4  | 6,2  | 4,3  | 3,7  | 3,5  | 3,1  | 3,0  | 3,1  | 4,5  | 7,3  | 4,3   |
| CV     | 0,4  | 0,5  | 0,4  | 0,4  | 0,3  | 0,3  | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,3   |
| Max    | 51,3 | 76,1 | 43,6 | 39,7 | 26,3 | 25,6 | 26,3 | 21,9 | 17,6 | 20,2 | 35,6 | 47,4 | 31,8  |
| Min    | 5,0  | 6,5  | 6,6  | 6,4  | 4,2  | 3,6  | 3,9  | 3,1  | 2,1  | 2,7  | 5,5  | 6,2  | 5,9   |

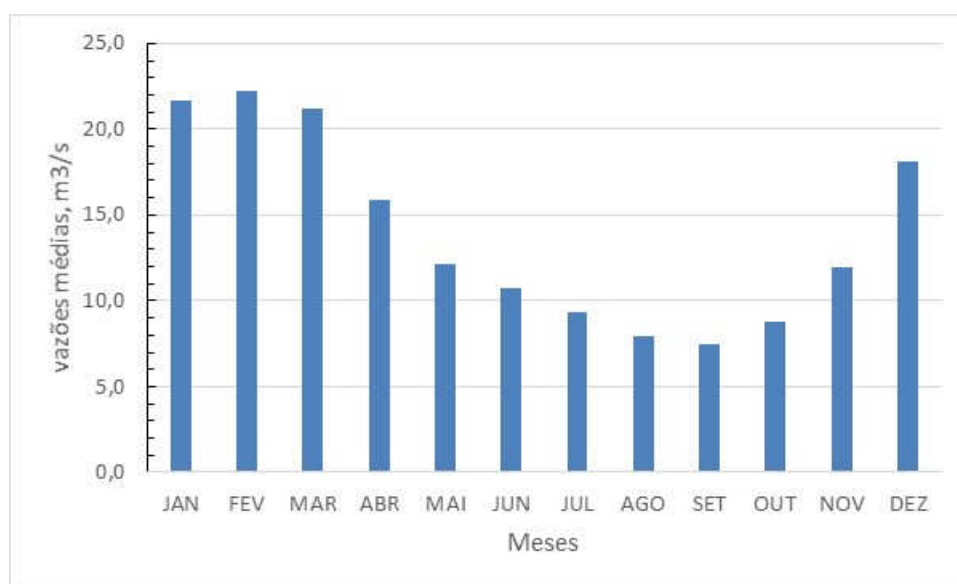


Figura 104: Variação sazonal do posto 60150000

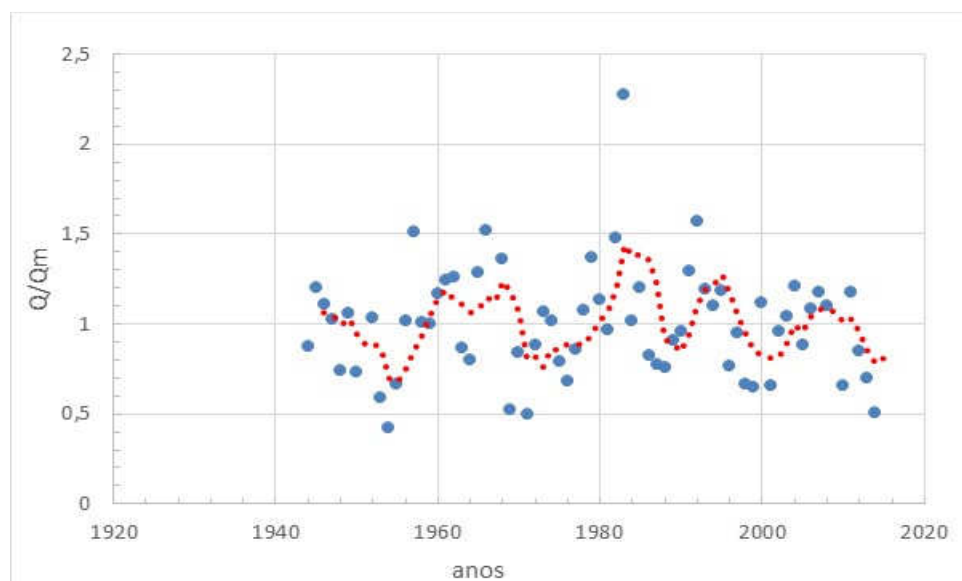


Figura 105: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 60150000.

Posto 61537000 – Porto dos Buenos- série de 1968 a 2015 – bacia 61

| Estat. | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL   | AGO   | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   | Total |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Media  | 224,1 | 202,7 | 168,6 | 125,7 | 96,4  | 85,8  | 72,5  | 62,9  | 66,0  | 72,0  | 98,0  | 160,3 | 119,6 |
| DP     | 101,9 | 74,9  | 52,6  | 42,9  | 27,4  | 35,9  | 21,9  | 18,5  | 37,8  | 30,7  | 44,1  | 63,5  | 27,7  |
| CV     | 0,5   | 0,4   | 0,3   | 0,3   | 0,3   | 0,4   | 0,3   | 0,3   | 0,6   | 0,4   | 0,4   | 0,4   | 0,2   |
| Max    | 501,5 | 401,1 | 353,2 | 248,1 | 183,5 | 283,8 | 174,6 | 129,1 | 272,2 | 224,0 | 244,3 | 365,2 | 175,6 |
| Min    | 36,0  | 41,6  | 42,1  | 45,3  | 30,0  | 26,5  | 25,8  | 20,5  | 18,2  | 14,3  | 31,6  | 57,4  | 34,8  |

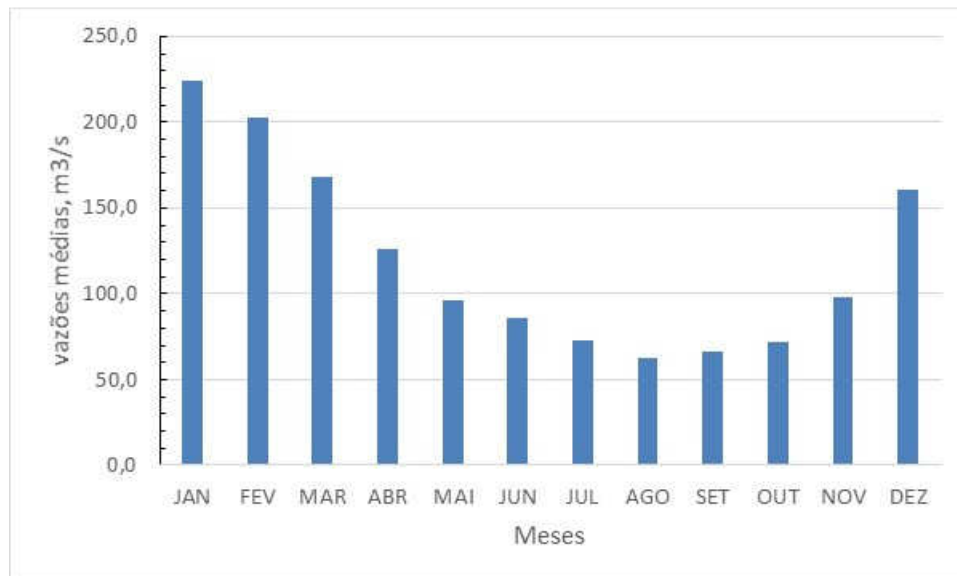


Figura 106: Variação sazonal do posto 61537000.

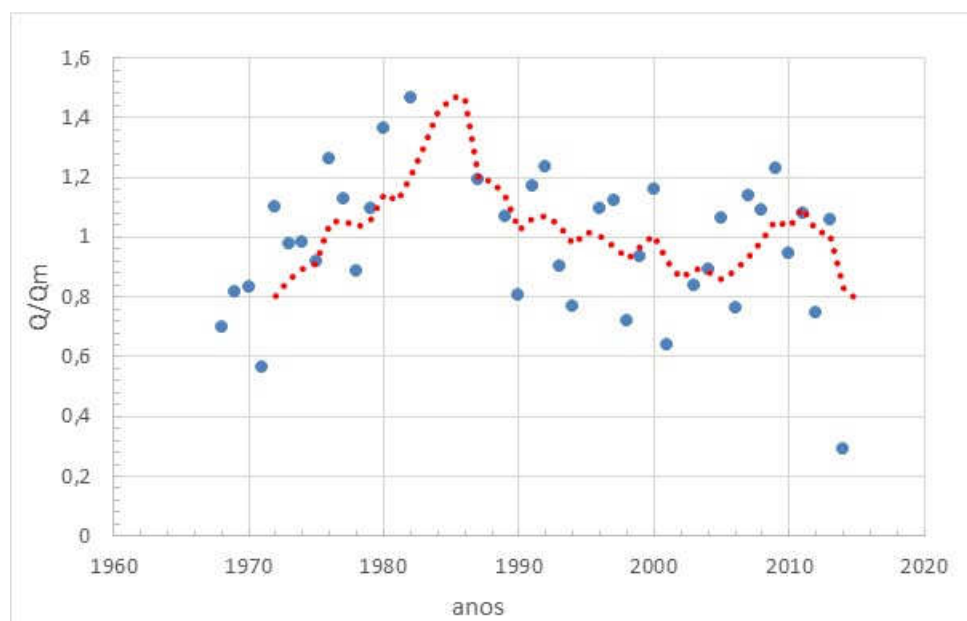


Figura 107: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 61537000

Posto 6177000 – Fazenda Carvalhaes- série de 1946 a 2015 – bacia 61

| Estat. | JAN  | FEV  | MAR  | ABR  | MAI | JUN  | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ  | Total |
|--------|------|------|------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------|
| Media  | 8,1  | 7,9  | 6,7  | 4,6  | 3,3 | 2,6  | 2,0 | 1,6 | 1,7 | 2,4 | 3,4 | 5,8  | 4,2   |
| DP     | 3,8  | 3,5  | 3,4  | 2,0  | 1,2 | 1,2  | 0,7 | 0,6 | 1,1 | 1,5 | 1,8 | 3,0  | 1,4   |
| CV     | 0,5  | 0,4  | 0,5  | 0,4  | 0,4 | 0,5  | 0,4 | 0,4 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,5  | 0,3   |
| Max    | 15,3 | 19,4 | 18,5 | 10,7 | 7,4 | 10,3 | 5,0 | 4,0 | 8,2 | 8,3 | 9,3 | 14,5 | 10,8  |
| Min    | 1,8  | 2,2  | 2,0  | 2,0  | 1,2 | 1,1  | 0,6 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 1,3 | 1,0  | 1,7   |

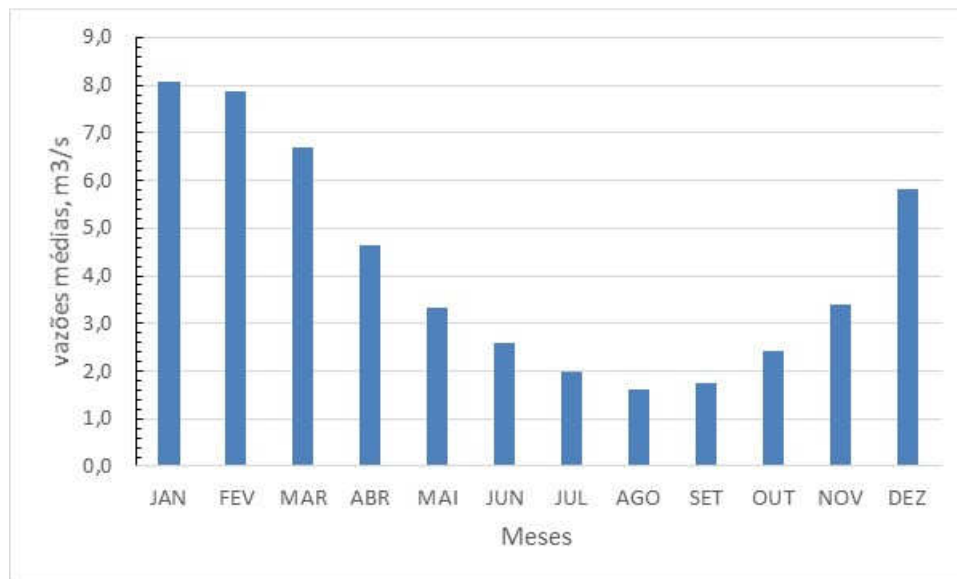


Figura 108: Variação sazonal do posto 6177000

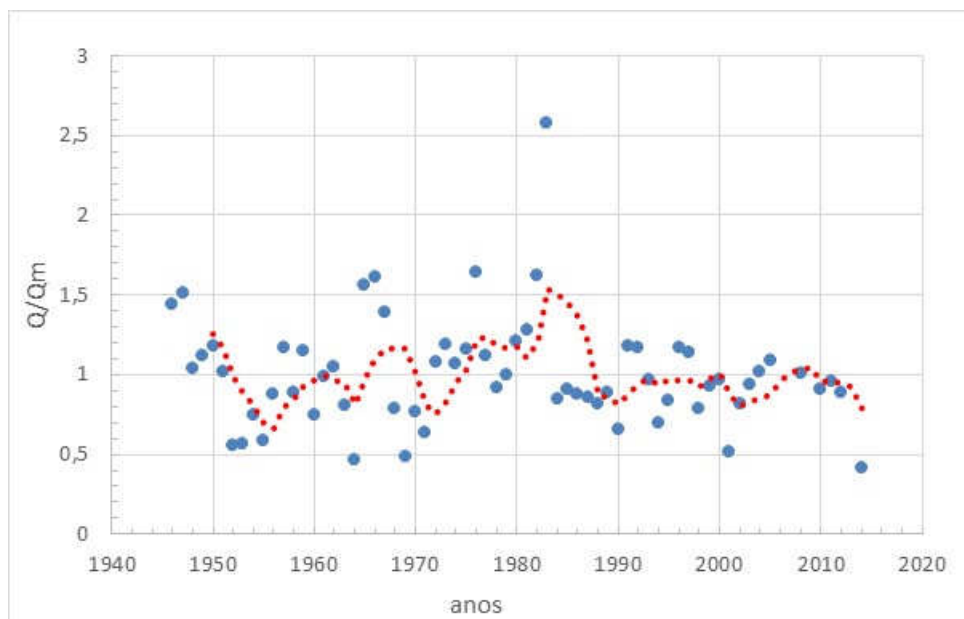


Figura 109: Variabilidade adimensional interanual e média móvel de 5 anos do posto 6177000.

## **ANEXO E – GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E DAS CIDADES**

### **E.1 IMPACTOS**

Os impactos exportados pela cidade para o sistema de rios da bacia hidrográfica, como enchentes e poluição dos corpos hídricos a jusante, como rios, lagos e reservatórios, são resultantes das ações dentro da cidade, que são transferidas para o restante da bacia. Para o seu controle, podem ser estabelecidos padrões a serem atingidos, regulados por legislação ambiental e de recursos hídricos em nível federal ou estadual.

O CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) estabelece, na resolução 357/65, os critérios de enquadramento dos rios com metas de qualidade da água, enquanto que a Lei de Recursos Hídricos<sup>45</sup>, artigo 12, estabelece que estão sujeitas a outorga todas as ações que alteram a quantidade e a qualidade da água. Ainda, na regulação de recursos hídricos está previsto que o comitê de bacia deve estabelecer o enquadramento dos trechos de rios de acordo com os preceitos da resolução do CONAMA.

A Lei de Saneamento<sup>46</sup> define que a gestão das cidades deve atender os preceitos da Lei de Recursos Hídricos no seu Plano de Saneamento Básico. O artigo 4º estabelece que os recursos hídricos não integrem os serviços públicos de saneamento básico, mas (parágrafo único) “a utilização de recursos líquidos, é sujeita a outorga de direito de uso, nos termos da lei de recursos hídricos de seus regulamentos e das legislações estaduais. ”

Estes impactos são disseminados dentro da cidade, que atingem a sua própria população. A gestão deste controle é estabelecida através de medidas desenvolvidas dentro da cidade através de legislação municipal ou distrital e ações estruturais específicas. Desta forma, cabe ao município a gestão dentro deste espaço.

### **E.2 ESPAÇOS DE GESTÃO**

A gestão das ações dentro do ambiente urbano pode ser definida de acordo com a relação de dependência da água através da bacia hidrográfica ou da jurisdição administrativa da cidade, Estado ou nação. A tendência da gestão dos recursos hídricos tem sido realizada através da bacia hidrográfica, no entanto a gestão do uso do solo é realizada pelo município ou grupo de municípios numa região metropolitana. A gestão pode ser realizada de acordo com a definição do espaço geográfico externo e interno a cidade.

---

<sup>45</sup> Lei federal de Recursos Hídricos 9.433 de janeiro de 1997.

<sup>46</sup> Lei federal que estabelece os serviços de saneamento n 445 de janeiro de 2007.

O plano da bacia hidrográfica tem sido desenvolvido para bacias grandes (> 1.000 km<sup>2</sup>). Neste cenário, existem várias cidades que interferem umas nas outras transferindo impactos. O plano da bacia dificilmente poderá envolver todas as medidas em cada cidade, mas deve estabelecer os condicionantes externos às cidades, como a qualidade de seus efluentes, as alterações de sua quantidade para evitar a transferência de impactos. O mecanismo já previsto na legislação, para gestão dos impactos da qualidade da água externa às cidades é o enquadramento do rio dentro dos padrões do CONAMA (regulamentação nº 357/2005). No entanto, a legislação não estabelece padrões para controle do aumento da vazão devido à urbanização.

A gestão do ambiente interno da cidade trata de ações dentro da cidade para atender aos condicionantes externos previstos no Plano de Bacia para evitar os impactos. Estes condicionantes geralmente buscam minimizar os impactos da quantidade e melhorar a qualidade da água no conjunto da bacia, além dos condicionantes internos que tratam de evitar os impactos à população da própria cidade. Para estes dois espaços existem gestores, os instrumentos utilizados e as metas da gestão, como descrito na tabela abaixo.

Tabela 36 - Espaço de Gestão das águas urbanas (Tucci, 2007)

| <b>Espaço</b>                   | <b>Domínio</b>                                   | <b>Gestores</b>            | <b>Instrumento</b>      | <b>Característica</b>                                                                               |
|---------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bacia Hidrográfica <sup>1</sup> | Estado ou Governo Federal                        | Comitê e Agências          | Plano de bacia          | Gestão da quantidade e qualidade da água nos rios da bacia hidrográfica, sem transferirem impactos. |
| Cidade <sup>2</sup>             | Cidade, Distrito Federal ou Região Metropolitana | Cidade ou Distrito Federal | Plano Saneamento Básico | Gestão dos serviços de água dentro da cidade e controle dos impactos para jusante na bacia.         |

1 – Bacias de grande porte (> 1000 km<sup>2</sup>); 2 – área de abrangência da cidade e suas pequenas sub-bacias de macrodrenagem (< 50 km<sup>2</sup>). Os valores de áreas são indicativos e podem se alterar para cidades de grande porte.

### **E.3 LEGISLAÇÃO DE SANEAMENTO PARA AS CIDADES**

A Lei Federal nº 445/2007 estabeleceu as diretrizes básicas para o saneamento básico no Brasil. Neste instrumento, foi prevista a elaboração do Plano de Saneamento Básico. Os serviços públicos de saneamento básico foram definidos no art2º como sendo:



- Abastecimento de água potável desde as captações até as ligações prediais;
- Esgotamento sanitário: da coleta, tratamento e disposição dos esgotos sanitários;
- Limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos: coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza das vias públicas; e
- Drenagem e manejo de águas pluviais: transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas de áreas urbanas.

A legislação específica que o Plano é de responsabilidade do titular dos serviços, no caso o município. Também define que a validade dos contratos de concessão está sujeita à existência do Plano e estabelece quatro anos para a sua revisão. Considerando que a legislação foi aprovada em 2007, até 2011 os Planos deveriam ser revisados ou elaborados. Também foi previsto que os Planos podem ser desenvolvidos de forma independente, mas a consolidação é de responsabilidade dos titulares e devem ser compatibilizados com os Planos de Bacias.

## ANEXO F – TERMINOLOGIA SOBRE DESASTRES

### Terminologia legal

**Defesa civil:** o conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e recuperativas destinadas a evitar ou minimizar os desastres, preservar o moral da população e restabelecer a normalidade social;

**Desastre:** o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema, causando danos humanos, materiais ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais;

**Situação de emergência (SE):** o reconhecimento pelo poder público de situação anormal, provocada por desastres, causando danos superáveis pela comunidade afetada;

**Estado de calamidade pública (ECP):** o reconhecimento pelo poder público de situação anormal, provocada por desastres, causando sérios danos à comunidade afetada, inclusive à incolumidade ou à vida de seus integrantes.

### Níveis de Desastres

**Nível 1** – São pequenos desastres e também podem ser considerados acidentais. Trazem impacto restrito para o município por se tratar de um evento pontual, que a própria administração local tem condições de resolver. Não caracteriza uma situação anormal.

**Nível 2** – São desastres de médio porte, mas que também podem ser superados pelo município ou estado sem a necessidade de auxílio externo. Também não caracterizam uma situação anormal.

**Nível 3** – São desastres de grande porte. Eventos com esta intensidade indicam que o município ou estado tem condições de resolver a situação apenas com os próprios recursos, mas necessita de complementação do governo estadual ou federal, respectivamente. Caracterizam situação de emergência (SE).

**Nível 4** – São chamados de desastres de muito grande porte. Indicam que a situação na qual se encontra o município o estado só será superada com o auxílio de governos e órgãos externos. Geralmente são eventos que provocam a descaracterização da organização do município ou estado. O estado de calamidade pública (ECP) representa um desastre de nível 4.

## ANEXO G – MUNICÍPIOS QUE DECLARARAM EMERGÊNCIA E CALAMIDADE EM INUNDAÇÕES

Nas tabelas abaixo são apresentados os municípios dentro dos UGPRH que declararam SE (Situação de emergência) e ECP (Estado de Calamidade Pública) em inundações nos últimos cinco anos no estado de Minas Gerais.

A nomenclatura das tabelas abaixo é apresentada na tabela 37 abaixo.

Tabela 37 - Nomenclatura usada nas tabelas de inundações

| Código | Descrição                        |
|--------|----------------------------------|
| A      | Alagamentos                      |
| CI     | Chuvas intensas                  |
| D      | Deslizamentos                    |
| EX     | Enxurradas                       |
| E      | Enchentes                        |
| OI     | Outras infraestruturas           |
| R/CL   | Rompimento e colapso de barragem |
| V      | Vendaval                         |

Tabela 38 - Situação na bacia do Doce

| UGPRH |         | Município            | Território  | Ocorrência por ano |    |    |      |    |
|-------|---------|----------------------|-------------|--------------------|----|----|------|----|
| Sigla | Nome    |                      |             | 12                 | 13 | 14 | 15   | 16 |
| DO1   | Piranga | ACAIACA              | Caparaó     | EX                 |    |    |      |    |
| DO1   | Piranga | ARAPONGA             | Caparaó     | D                  |    |    |      |    |
| DO1   | Piranga | BARRA LONGA          | Caparaó     | E                  |    |    | R/CB |    |
| DO1   | Piranga | BRAZ PIRES           | Mata        | E                  |    |    |      |    |
| DO1   | Piranga | CANAÃ                | Caparaó     | E                  |    |    |      |    |
| DO1   | Piranga | CAPUTIRA             | Caparaó     | E                  |    |    |      |    |
| DO1   | Piranga | CARANDAÍ             | Vertentes   | EX                 |    |    |      |    |
| DO1   | Piranga | CARATINGA            | Vale do Aço | EX                 |    |    |      |    |
| DO1   | Piranga | CIPOTÂNEA            | Vertentes   | D                  |    |    |      |    |
| DO1   | Piranga | CONSELHEIRO LAFAIETE | Vertentes   | E                  |    |    |      |    |
| DO1   | Piranga | DIVINÉSIA            | Mata        | EX                 | CI |    |      |    |
| DO1   | Piranga | ENTRE FOLHAS         | Vale do Aço | EX                 |    |    |      |    |
| DO1   | Piranga | ERVÁLIA              | Mata        | D                  |    |    |      |    |
| DO1   | Piranga | GUARACIABA           | Caparaó     | E                  |    |    |      |    |
| DO1   | Piranga | GUIRICEMA            | Mata        | EX                 |    |    |      |    |
| DO1   | Piranga | JEQUERI              | Caparaó     | EX                 |    |    |      |    |
| DO1   | Piranga | LAMIM                | Vertentes   | E                  |    |    |      |    |

|     |            |                       |               |    |   |    |      |   |
|-----|------------|-----------------------|---------------|----|---|----|------|---|
| DO1 | Piranga    | MARIANA               | Metropolitano | D  |   |    | R/CB |   |
| DO1 | Piranga    | MATIPÓ                | Caparaó       | E  |   |    |      |   |
| DO1 | Piranga    | MURIAÉ                | Mata          | E  |   |    |      |   |
| DO1 | Piranga    | OURO PRETO            | Metropolitano | D  |   |    |      |   |
| DO1 | Piranga    | PAULA CÂNDIDO         | Caparaó       | E  |   |    |      |   |
| DO1 | Piranga    | PIRANGA               | Vertentes     | EX |   |    |      |   |
| DO1 | Piranga    | PONTE NOVA            | Caparaó       | E  |   |    |      |   |
| DO1 | Piranga    | PORTO FIRME           | Caparaó       | E  |   |    |      |   |
| DO1 | Piranga    | PRESIDENTE BERNARDES  | Mata          | EX |   |    |      |   |
| DO1 | Piranga    | RAUL SOARES           | Caparaó       | E  |   |    |      |   |
| DO1 | Piranga    | CASCA                 | Caparaó       | E  |   |    |      |   |
| DO1 | Piranga    | DOCE                  | Caparaó       | D  |   |    | R/CB |   |
| DO1 | Piranga    | ESPERA                | Vertentes     | EX |   |    |      |   |
| DO1 | Piranga    | PIRACICABA            | Metropolitano | EX |   |    |      |   |
| DO1 | Piranga    | SÃO GERALDO           | Mata          | E  |   |    |      |   |
| DO1 | Piranga    | SÃO MIGUEL DO ANTA    | Caparaó       | EX |   |    |      |   |
| DO1 | Piranga    | SENADOR FIRMINO       | Mata          | E  |   |    |      |   |
| DO1 | Piranga    | SENHORA DE OLIVEIRA   | Vertentes     | D  |   |    |      |   |
| DO1 | Piranga    | SIMONÉSIA             | Caparaó       | E  |   |    |      |   |
| DO1 | Piranga    | TIMÓTEO               | Vale do Aço   | EX |   | D  |      |   |
| DO1 | Piranga    | UBÁ                   | Mata          | D  |   | CI |      |   |
| DO1 | Piranga    | VIÇOSA                | Caparaó       | EX |   |    |      |   |
| DO1 | Piranga    | VISCONDE DO BRANCO    | Mata          | EX |   |    |      |   |
| DO1 | Piranga    | MERCÊS                | Mata          |    |   | I  |      | I |
| DO1 | Piranga    | SANTA BÁRBARA DO TUGÚ | Vertentes     |    |   |    |      | I |
| DO1 | Piranga    | ITAVERAVA             | Vertentes     |    |   |    | CI   |   |
| DO1 | Piranga    | SIMONÉSIA             | Caparaó       |    |   | CI |      |   |
| DO1 | Piranga    | TIMÓTEO               | Vale do Aço   |    |   | D  |      |   |
| DO1 | Piranga    | VARGEM ALEGRE         | Vale do Aço   |    |   | A  |      |   |
| DO1 | Piranga    | ALTO DOCE             | Vertentes     |    | A |    |      |   |
| DO2 | Piracicaba | ANTÔNIO DIAS          | Vale do Aço   | EX |   |    |      |   |
| DO2 | Piracicaba | BARRA LONGA           | Caparaó       | E  |   |    | R/CB |   |
| DO2 | Piracicaba | CARATINGA             | Vale do Aço   | EX |   |    |      |   |
| DO2 | Piracicaba | CORONEL FABRICIANO    | Vale do Aço   | D  |   | CI |      |   |
| DO2 | Piracicaba | FERROS                | Metropolitano | E  |   |    |      | I |

|     |               |                         |               |    |    |    |      |    |
|-----|---------------|-------------------------|---------------|----|----|----|------|----|
| DO2 | Piracicaba    | IPABA                   | Vale do Aço   | EX |    | CI |      |    |
| DO2 | Piracicaba    | ITABIRITO               | Metropolitano | E  |    |    |      |    |
| DO2 | Piracicaba    | JOANÉSIA                | Vale do Aço   | EX |    |    |      |    |
| DO2 | Piracicaba    | JOÃO MONLEVADE          | Metropolitano | D  |    |    |      |    |
| DO2 | Piracicaba    | MARIANA                 | Metropolitano | D  |    |    | R/CB |    |
| DO2 | Piracicaba    | MESQUITA                | Vale do Aço   | EX |    |    |      |    |
| DO2 | Piracicaba    | OURO PRETO              | Metropolitano | D  |    |    |      |    |
| DO2 | Piracicaba    | PIRACICABA              | Metropolitano | EX |    |    |      |    |
| DO2 | Piracicaba    | TIMÓTEO                 | Vale do Aço   | EX |    | D  |      |    |
| DO2 | Piracicaba    | IPATINGA                | Vale do Aço   |    |    | CI |      |    |
| DO2 | Piracicaba    | TIMÓTEO                 | Vale do Aço   |    |    | D  |      |    |
| DO3 | Santo Antônio | ANTÔNIO DIAS            | Vale do Aço   | D  |    |    |      |    |
| DO3 | Santo Antônio | BRAÚNAS                 | Vale do Aço   | EX |    |    |      |    |
| DO3 | Santo Antônio | CORONEL FABRICIANO      | Vale do Aço   | D  |    | CI |      |    |
| DO3 | Santo Antônio | DOM JOAQUIM             | Metropolitano | V  |    |    |      |    |
| DO3 | Santo Antônio | DORES DE GUANHÃES       | Vale do Aço   | E  |    |    |      |    |
| DO3 | Santo Antônio | FERROS                  | Metropolitano | E  |    |    |      | I  |
| DO3 | Santo Antônio | IAPU                    | Vale do Aço   | V  |    |    |      |    |
| DO3 | Santo Antônio | IPABA                   | Vale do Aço   | EX |    | CI |      |    |
| DO3 | Santo Antônio | JOANÉSIA                | Vale do Aço   | EX |    |    |      |    |
| DO3 | Santo Antônio | MESQUITA                | Vale do Aço   | EX |    |    |      |    |
| DO3 | Santo Antônio | PASSABÉM                | Metropolitano | E  |    |    |      |    |
| DO3 | Santo Antônio | SABINÓPOLIS             | Vale do Doce  | EX |    |    |      | CI |
| DO3 | Santo Antônio | SANTO ANTÔNIO DO ABAIXO | Metropolitano | E  |    |    |      |    |
| DO3 | Santo Antônio | SÃO SEBASTIÃO DO PRETO  | Metropolitano | EX |    |    |      |    |
| DO3 | Santo Antônio | MORRO DO PILAR          | Metropolitano |    |    | CI |      | CI |
| DO3 | Santo Antônio | BELO ORIENTE            | Vale do Aço   |    |    |    | R/CB |    |
| DO3 | Santo Antônio | BUGRE                   | Vale do Aço   |    | CI | CI |      |    |
| DO3 | Santo Antônio | IPATINGA                | Vale do Aço   |    |    | CI |      |    |

|     |               |                         |                    |    |    |    |  |    |
|-----|---------------|-------------------------|--------------------|----|----|----|--|----|
| DO3 | Santo Antônio | SANTO ANTÔNIO DO ITAMBÉ | Alto Jequitinhonha |    |    | D  |  |    |
| DO3 | Santo Antônio | SERRO                   | Alto Jequitinhonha |    | CI | CI |  |    |
| DO3 | Santo Antônio | SANTANA DO RIACHO       | Metropolitano      |    | EX |    |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | ALPERCATA               | Vale do Doce       | EX |    |    |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | BRAÚNAS                 | Vale do Aço        | EX |    |    |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | CAMPANÁ                 | Mucuri             | EX |    |    |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | CONSELHEIRO PENA        | Vale do Doce       | EX |    | CI |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | FRANCISCÓPOLIS          | Mucuri             | CI |    |    |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | FREI GASPAR             | Mucuri             | EX |    |    |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | GALILÉIA                | Vale do Doce       | EX |    | CI |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | GOIABEIRA               | Vale do Doce       | EX |    | EX |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | GOVERNADOR VALADARES    | Vale do Doce       | E  |    | I  |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | IAPU                    | Vale do Aço        | V  |    |    |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | ITAMARANDIBA            | Alto Jequitinhonha | EX |    | CI |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | ITUETA                  | Vale do Doce       | EX |    | CI |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | MALACACHETA             | Mucuri             | I  |    | CI |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | PAULISTAS               | Vale do Doce       | EX |    |    |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | RESPLENDOR              | Vale do Doce       | E  |    | CI |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | SABINÓPOLIS             | Vale do Doce       | EX |    |    |  | CI |
| DO4 | Suaçuí        | SANTA EFIGÊNIA DE MINAS | Vale do Doce       | EX |    |    |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | SÃO GERALDO DO BAIXIO   | Vale do Doce       | EX |    | I  |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | SÃO JOÃO EVANGELISTA    | Vale do Doce       | EX |    |    |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | SARDOÁ                  | Vale do Doce       | E  | CI | CI |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | SETUBINHA               | Mucuri             | E  |    |    |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | TUMIRITINGA             | Vale do Doce       | EX | I  | I  |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | ANGELÂNDIA              | Mucuri             |    |    |    |  | CI |
| DO4 | Suaçuí        | AIMORÉS                 | Vale do Doce       |    |    | CI |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | ANGELÂNDIA              | Mucuri             |    |    | CI |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | ARICANDUVA              | Alto Jequitinhonha |    |    | CI |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | CAPELINHA               | Alto Jequitinhonha |    |    | CI |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | CENTRAL DE MINAS        | Vale do Doce       |    |    | CI |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | COLUNA                  | Alto Jequitinhonha |    |    | CI |  |    |
| DO4 | Suaçuí        | COROACI                 | Vale do Doce       |    |    | D  |  |    |

|     |           |                           |                    |    |    |    |  |  |
|-----|-----------|---------------------------|--------------------|----|----|----|--|--|
| DO4 | Suaçuí    | DIVINOLÂNDIA DE MINAS     | Vale do Doce       |    |    | I  |  |  |
| DO4 | Suaçuí    | FRANCISCÓPOLIS            | Mucuri             |    |    | CI |  |  |
| DO4 | Suaçuí    | FREI INOCÊNCIO            | Vale do Doce       |    |    | I  |  |  |
| DO4 | Suaçuí    | ITAMBACURI                | Mucuri             |    |    | CI |  |  |
| DO4 | Suaçuí    | JAMPRUCA                  | Vale do Doce       |    |    | EX |  |  |
| DO4 | Suaçuí    | MARILAC                   | Vale do Doce       |    |    | I  |  |  |
| DO4 | Suaçuí    | PEÇANHA                   | Vale do Doce       |    |    | CI |  |  |
| DO4 | Suaçuí    | SANTA MARIA DO SUAÇUÍ     | Vale do Doce       |    |    | CI |  |  |
| DO4 | Suaçuí    | SANTO ANTÔNIO DO ITAMBÉ   | Alto Jequitinhonha |    |    | D  |  |  |
| DO4 | Suaçuí    | SÃO GERALDO DA PIEDADE    | Vale do Doce       |    | EX | D  |  |  |
| DO4 | Suaçuí    | SÃO JOSÉ DO JACURI        | Vale do Doce       |    |    | CI |  |  |
| DO4 | Suaçuí    | SÃO PEDRO DO SUAÇUÍ       | Vale do Doce       |    |    | CI |  |  |
| DO4 | Suaçuí    | SÃO SEBASTIÃO DO MARANHÃO | Vale do Doce       |    |    | CI |  |  |
| DO4 | Suaçuí    | SERRO                     | Alto Jequitinhonha |    | CI | CI |  |  |
| DO4 | Suaçuí    | SETUBINHA                 | Mucuri             |    |    | I  |  |  |
| DO4 | Suaçuí    | VIRGOLÂNDIA               | Vale do Doce       |    |    | CI |  |  |
| DO4 | Suaçuí    | MATHIAS LOBATO            | Vale do Doce       |    | EX |    |  |  |
| DO5 | Caratinga | ALPERCATA                 | Vale do Doce       | EX |    |    |  |  |
| DO5 | Caratinga | CARATINGA                 | Vale do Aço        | EX |    |    |  |  |
| DO5 | Caratinga | CONSELHEIRO PENA          | Vale do Doce       | EX |    | CI |  |  |
| DO5 | Caratinga | DOM CAVATI                | Vale do Aço        | D  |    |    |  |  |
| DO5 | Caratinga | ENGENHEIRO CALDAS         | Vale do Doce       | EX |    | I  |  |  |
| DO5 | Caratinga | ENTRE FOLHAS              | Vale do Aço        | EX |    |    |  |  |
| DO5 | Caratinga | GALILÉIA                  | Vale do Doce       | EX |    | CI |  |  |
| DO5 | Caratinga | GOVERNADOR VALADARES      | Vale do Doce       | E  |    | I  |  |  |
| DO5 | Caratinga | IAPU                      | Vale do Aço        | V  |    |    |  |  |
| DO5 | Caratinga | IPABA                     | Vale do Aço        | EX |    | CI |  |  |
| DO5 | Caratinga | ITANHOMI                  | Vale do Doce       | E  |    | D  |  |  |
| DO5 | Caratinga | RAUL SOARES               | Caparaó            | E  |    |    |  |  |
| DO5 | Caratinga | RESPLENDOR                | Vale do Doce       | E  |    | CI |  |  |

|     |           |                      |              |    |    |    |      |  |
|-----|-----------|----------------------|--------------|----|----|----|------|--|
| DO5 | Caratinga | SÃO JOÃO DO ORIENTE  | Vale do Aço  | EX |    |    |      |  |
| DO5 | Caratinga | SIMONÉSIA            | Caparaó      | E  |    |    |      |  |
| DO5 | Caratinga | TARUMIRIM            | Vale do Doce | EX |    |    |      |  |
| DO5 | Caratinga | TIMÓTEO              | Vale do Aço  | EX |    | D  |      |  |
| DO5 | Caratinga | TUMIRITINGA          | Vale do Doce | EX | I  | I  |      |  |
| DO5 | Caratinga | BELO ORIENTE         | Vale do Aço  |    |    |    | R/CB |  |
| DO5 | Caratinga | BUGRE                | Vale do Aço  |    | CI | CI |      |  |
| DO5 | Caratinga | CAPITÃO ANDRADE      | Vale do Doce |    | I  | I  |      |  |
| DO5 | Caratinga | SANTA RITA DO ITUETO | Vale do Doce |    |    | I  |      |  |
| DO5 | Caratinga | SIMONÉSIA            | Caparaó      |    |    | CI |      |  |
| DO5 | Caratinga | TIMÓTEO              | Vale do Aço  |    |    | D  |      |  |
| DO5 | Caratinga | VARGEM ALEGRE        | Vale do Aço  |    |    | A  |      |  |
| DO6 | Manhuaçu  | CARATINGA            | Vale do Aço  | EX |    |    |      |  |
| DO6 | Manhuaçu  | CONCEIÇÃO DE IPANEMA | Caparaó      | EX |    |    |      |  |
| DO6 | Manhuaçu  | CONSELHEIRO PENA     | Vale do Doce | EX |    | CI |      |  |
| DO6 | Manhuaçu  | ITUETA               | Vale do Doce | EX |    | CI |      |  |
| DO6 | Manhuaçu  | MATIPÓ               | Caparaó      | E  |    |    |      |  |
| DO6 | Manhuaçu  | REDUTO               | Caparaó      | EX |    |    |      |  |
| DO6 | Manhuaçu  | RESPLENDOR           | Vale do Doce | E  |    | CI |      |  |
| DO6 | Manhuaçu  | SIMONÉSIA            | Caparaó      | E  |    |    |      |  |
| DO6 | Manhuaçu  | TARUMIRIM            | Vale do Doce | EX |    |    |      |  |
| DO6 | Manhuaçu  | AIMORÉS              | Vale do Doce |    |    | CI |      |  |
| DO6 | Manhuaçu  | IPANEMA              | Caparaó      |    |    | CI |      |  |
| DO6 | Manhuaçu  | POCRANE              | Caparaó      |    |    | CI |      |  |
| DO6 | Manhuaçu  | SANTA RITA DO ITUETO | Vale do Doce |    |    | I  |      |  |
| DO6 | Manhuaçu  | SIMONÉSIA            | Caparaó      |    |    | CI |      |  |
| DO6 | Manhuaçu  | LAJINHA              | Caparaó      |    | I  |    |      |  |



Tabela 39 - Bacia do Grande

| UPGRH |                         | Município                   | Território | Ocorrência por ano |    |    |    |    |
|-------|-------------------------|-----------------------------|------------|--------------------|----|----|----|----|
| Sigla | Nome                    |                             |            | 12                 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| GD1   | Alto Grande             | CONCEIÇÃO DA BARRA DE MINAS | Vertentes  | E                  |    |    |    |    |
| GD1   | Alto Grande             | IBITURUNA                   | Vertentes  | E                  |    |    |    |    |
| GD1   | Alto Grande             | IJACI                       | Sul        | E                  |    |    |    |    |
| GD1   | Alto Grande             | LAVRAS                      | Sul        | E                  |    |    |    |    |
| GD1   | Alto Grande             | LIMA DUARTE                 | Mata       | EX                 |    |    |    |    |
| GD1   | Alto Grande             | NAZARENO                    | Vertentes  | EX                 |    |    |    |    |
| GD1   | Alto Grande             | ITAMONTE                    | Sul        |                    |    |    |    | I  |
| GD2   | das Mortes e Jacaré     | BARROSO                     | Vertentes  | E                  |    |    |    |    |
| GD2   | das Mortes e Jacaré     | CAMPO BELO                  | Oeste      | EX                 |    |    |    |    |
| GD2   | das Mortes e Jacaré     | CANDEIAS                    | Oeste      | EX                 |    |    |    |    |
| GD2   | das Mortes e Jacaré     | CARANDAÍ                    | Vertentes  | EX                 |    |    |    |    |
| GD2   | das Mortes e Jacaré     | CARMÓPOLIS DE MINAS         | Oeste      | E                  |    |    |    |    |
| GD2   | das Mortes e Jacaré     | CONCEIÇÃO DA BARRA DE MINAS | Vertentes  | E                  |    |    |    |    |
| GD2   | das Mortes e Jacaré     | CORONEL XAVIER CHAVES       | Vertentes  | E                  |    |    |    |    |
| GD2   | das Mortes e Jacaré     | IBITURUNA                   | Vertentes  | E                  |    |    |    |    |
| GD2   | das Mortes e Jacaré     | IJACI                       | Sul        | E                  |    |    |    |    |
| GD2   | das Mortes e Jacaré     | LAVRAS                      | Sul        | E                  |    |    |    |    |
| GD2   | das Mortes e Jacaré     | NAZARENO                    | Vertentes  | EX                 |    |    |    |    |
| GD2   | das Mortes e Jacaré     | OLIVEIRA                    | Oeste      | EX                 |    |    |    |    |
| GD2   | das Mortes e Jacaré     | PRADOS                      | Vertentes  | D                  |    |    |    |    |
| GD2   | das Mortes e Jacaré     | RIBEIRÃO VERMELHO           | Sul        | V                  |    |    |    |    |
| GD2   | das Mortes e Jacaré     | SANTA CRUZ DE MINAS         | Vertentes  | EX                 |    |    |    |    |
| GD2   | das Mortes e Jacaré     | SANTOS DUMONT               | Mata       | E                  |    | I  |    |    |
| GD2   | das Mortes e Jacaré     | SANTA BÁRBARA DO TUGÚ       | Vertentes  |                    |    |    |    | I  |
| GD2   | das Mortes e Jacaré     | NEPOMUCENO                  | Sul        |                    | EX |    |    |    |
| GD3   | Entorno do R. de Furnas | CAMPO BELO                  | Oeste      | EX                 |    |    |    |    |
| GD3   | Entorno do R. de Furnas | CANDEIAS                    | Oeste      | EX                 |    |    |    |    |

|     |                                          |                   |          |    |    |  |  |    |
|-----|------------------------------------------|-------------------|----------|----|----|--|--|----|
| GD3 | Entorno do R. de Furnas                  | CAPITÓLIO         | Sudoeste | EX |    |  |  |    |
| GD3 | Entorno do R. de Furnas                  | FORMIGA           | Oeste    | EX |    |  |  |    |
| GD3 | Entorno do R. de Furnas                  | POÇO FUNDO        | Sul      | E  | CI |  |  |    |
| GD3 | Entorno do R. de Furnas                  | RIBEIRÃO VERMELHO | Sul      | V  |    |  |  |    |
| GD3 | Entorno do R. de Furnas                  | SÃO JOÃO DA MATA  | Sul      | E  |    |  |  |    |
| GD3 | Entorno do R. de Furnas                  | NEPOMUCENO        | Sul      |    | EX |  |  |    |
| GD4 | Verde                                    | ITAMONTE          | Sul      |    |    |  |  | I  |
| GD4 | Verde                                    | VIRGÍNIA          | Sul      |    | EX |  |  |    |
| GD5 | Sapucaí                                  | POÇO FUNDO        | Sul      | E  | CI |  |  |    |
| GD5 | Sapucaí                                  | SÃO JOÃO DA MATA  | Sul      | E  |    |  |  |    |
| GD5 | Sapucaí                                  | BOM REPOUSO       | Sul      |    |    |  |  | D  |
| GD5 | Sapucaí                                  | INCONFIDENTES     | Sul      |    |    |  |  | CI |
| GD5 | Sapucaí                                  | BRAZÓPOLIS        | SUL      |    | A  |  |  |    |
| GD5 | Sapucaí                                  | CAMANDUCAIA       | Sul      |    | I  |  |  |    |
| GD5 | Sapucaí                                  | MARMELÓPOLIS      | #N/D     |    | CI |  |  |    |
| GD5 | Sapucaí                                  | PIRANGUÇU         | SUL      |    | I  |  |  |    |
| GD5 | Sapucaí                                  | VIRGÍNIA          | Sul      |    | EX |  |  |    |
| GD6 | Afluentes Mineiros de Mogi-Guaçu / Pardo | BOM REPOUSO       | Sul      |    |    |  |  | D  |
| GD6 | Afluentes Mineiros de Mogi-Guaçu / Pardo | INCONFIDENTES     | Sul      |    |    |  |  | CI |

Tabela 40 - Outras Bacias

| Bacia               | UPGRH |            | Município             | Território | Ocorrência por ano |    |    |    |    |
|---------------------|-------|------------|-----------------------|------------|--------------------|----|----|----|----|
|                     | Sigla | Nome       |                       |            | 12                 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Itabapoana          | IB1   | Itabapoana | CARANGOLA             | Mata       | E                  |    |    |    |    |
| Itabapoana          | IB1   | Itabapoana | ESPERA FELIZ          | Mata       | E                  |    |    |    |    |
| Alcobaça ou Itanhém | IN1   | Itanhém    | SANTA HELENA DE MINAS | Mucuri     | E                  |    |    |    |    |
| Alcobaça ou Itanhém | IN1   | Itanhém    | CRISÓLITA             | Mucuri     |                    |    | I  |    |    |
| Itapemirim          | IP1   | Itapemirim | LAJINHA               | Caparaó    |                    | I  |    |    |    |
| Jucuruçu            | JU1   | Jucuruçu   | SANTA HELENA DE MINAS | Mucuri     | E                  |    |    |    |    |
| Pardo               | PA1   | Mosquito   | MONTE AZUL            | Norte      |                    |    |    |    | I  |
| Pardo               | PA1   | Mosquito   | NINHEIRA              | Norte      |                    |    | EX |    |    |

|                      |     |                                      |                     |                 |    |    |   |    |  |
|----------------------|-----|--------------------------------------|---------------------|-----------------|----|----|---|----|--|
| Pardo                | PA1 | Mosquito                             | PARDO DE MINAS      | Norte           |    |    | I |    |  |
| Pardo                | PA1 | Mosquito                             | TAIOBEIRAS          | Norte           |    |    | V |    |  |
| Piracicaba / Jaguari | PJ1 | Piracicaba / Jaguari                 | CAMANDUCAIA         | Sul             |    | I  |   |    |  |
| Paranaíba            | PN1 | Dourados                             | ABADIA DOS DOURADOS | Triangulo norte | EX |    |   |    |  |
| Paranaíba            | PN1 | Dourados                             | COROMANDE L         | Triangulo norte |    |    |   | CI |  |
| Paranaíba            | PN2 | Araguari                             | SÃO GOTARDO         | Noroeste        | EX |    |   |    |  |
| Paranaíba            | PN3 | Afluentes Mineiro do Baixo Paranaíba | GURINHATÃ           | Triangulo norte |    | CI |   |    |  |

Tabela 41 - Jequitinhonha

| UPGRH |                    | Município               | Território                  | Ocorrência por ano |    |    |    |    |
|-------|--------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------|----|----|----|----|
| Sigla | Nome               |                         |                             | 12                 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| JQ1   | Alto Jequitinhonha | BOCAIUVA                | Norte                       | EX                 |    |    |    |    |
| JQ1   | Alto Jequitinhonha | CRISTÁLIA               | Norte                       |                    |    | EX |    |    |
| JQ1   | Alto Jequitinhonha | FRANCISCO SÁ            | Norte                       |                    |    | CI |    |    |
| JQ1   | Alto Jequitinhonha | PARDO DE MINAS          | Norte                       |                    |    | I  |    |    |
| JQ1   | Alto Jequitinhonha | SANTO ANTÔNIO DO ITAMBÉ | Alto Jequitinhonha          |                    |    | D  |    |    |
| JQ1   | Alto Jequitinhonha | SERRO                   | Alto Jequitinhonha          |                    | CI | CI |    |    |
| JQ1   | Alto Jequitinhonha | TURMALINA               | Alto Jequitinhonha          |                    |    | CI |    |    |
| JQ2   | Araçuaí            | ITAMARANDIBA            | Alto Jequitinhonha          | EX                 |    | CI |    |    |
| JQ2   | Araçuaí            | MALACACHETA             | Mucuri                      | I                  |    | CI |    |    |
| JQ2   | Araçuaí            | SETUBINHA               | Mucuri                      | E                  |    |    |    |    |
| JQ2   | Araçuaí            | ANGELÂNDIA              | Mucuri                      |                    |    |    |    | CI |
| JQ2   | Araçuaí            | ITAIPE                  | Mucuri                      |                    |    |    |    | CI |
| JQ2   | Araçuaí            | NOVO CRUZEIRO           | Médio e Baixo Jequitinhonha |                    |    | CI |    | CI |
| JQ2   | Araçuaí            | ANGELÂNDIA              | Mucuri                      |                    |    | CI |    |    |
| JQ2   | Araçuaí            | ARAÇUAÍ                 | Médio e Baixo Jequitinhonha |                    |    | I  |    |    |
| JQ2   | Araçuaí            | ARICANDUVA              | Alto Jequitinhonha          |                    |    | CI |    |    |
| JQ2   | Araçuaí            | CAPELINHA               | Alto Jequitinhonha          |                    |    | CI |    |    |
| JQ2   | Araçuaí            | CHAPADA DO NORTE        | Alto Jequitinhonha          |                    |    | CI |    |    |
| JQ2   | Araçuaí            | COLUNA                  | Alto Jequitinhonha          |                    |    | CI |    |    |
| JQ2   | Araçuaí            | FRANCISCO BADARÓ        | Médio e Baixo Jequitinhonha |                    |    | A  |    |    |

|     |                             |                           |                             |  |    |    |  |    |
|-----|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|--|----|----|--|----|
| JQ2 | Araçuaí                     | LADAINHA                  | Mucuri                      |  |    | CI |  |    |
| JQ2 | Araçuaí                     | SÃO SEBASTIÃO DO MARANHÃO | Vale do Doce                |  |    | CI |  |    |
| JQ2 | Araçuaí                     | SERRO                     | Alto Jequitinhonha          |  | CI | CI |  |    |
| JQ2 | Araçuaí                     | SETUBINHA                 | Mucuri                      |  |    | I  |  |    |
| JQ2 | Araçuaí                     | TURMALINA                 | Alto Jequitinhonha          |  |    | CI |  |    |
| JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | ITAIPE                    | Mucuri                      |  |    |    |  | CI |
| JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | NOVO CRUZEIRO             | Médio e Baixo Jequitinhonha |  |    | CI |  | CI |
| JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | ARAÇUAÍ                   | Médio e Baixo Jequitinhonha |  |    | I  |  |    |
| JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | CARAÍ                     | Médio e Baixo Jequitinhonha |  |    | D  |  |    |
| JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | COMERCINHO                | Médio e Baixo Jequitinhonha |  |    | I  |  |    |
| JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | PADRE PARAÍSO             | Médio e Baixo Jequitinhonha |  |    | A  |  |    |
| JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | PARDO DE MINAS            | Norte                       |  |    | I  |  |    |
| JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | TAIOBEIRAS                | Norte                       |  |    | V  |  |    |

Tabela 42 - Mucuri

| UPGRH |        | Município      | Território                  | Ocorrência por ano |    |    |    |    |
|-------|--------|----------------|-----------------------------|--------------------|----|----|----|----|
| Sigla | Nome   |                |                             | 12                 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| MU1   | Mucuri | FRANCISCÓPOLIS | Mucuri                      | CI                 |    |    |    |    |
| MU1   | Mucuri | FREI GASPAR    | Mucuri                      | EX                 |    |    |    |    |
| MU1   | Mucuri | MALACACHETA    | Mucuri                      | I                  |    | CI |    |    |
| MU1   | Mucuri | SETUBINHA      | Mucuri                      | E                  |    |    |    |    |
| MU1   | Mucuri | TEÓFILO OTONI  | Mucuri                      | D                  |    |    |    |    |
| MU1   | Mucuri | ITAIPE         | Mucuri                      |                    |    |    |    | CI |
| MU1   | Mucuri | NOVO CRUZEIRO  | Médio e Baixo Jequitinhonha |                    |    | CI |    | CI |
| MU1   | Mucuri | ATALÉIA        | Mucuri                      |                    |    | CI |    |    |
| MU1   | Mucuri | CARAÍ          | Médio e Baixo Jequitinhonha |                    |    | D  |    |    |
| MU1   | Mucuri | CARLOS CHAGAS  | Mucuri                      |                    |    | EX |    |    |
| MU1   | Mucuri | CRISÓLITA      | Mucuri                      |                    |    | I  |    |    |
| MU1   | Mucuri | FRANCISCÓPOLIS | Mucuri                      |                    |    | CI |    |    |
| MU1   | Mucuri | ITAMBACURI     | Mucuri                      |                    |    | CI |    |    |
| MU1   | Mucuri | LADAINHA       | Mucuri                      |                    |    | CI |    |    |
| MU1   | Mucuri | PADRE PARAÍSO  | Médio e Baixo Jequitinhonha |                    |    | A  |    |    |
| MU1   | Mucuri | SETUBINHA      | Mucuri                      |                    |    | I  |    |    |
| MU1   | Mucuri | TEÓFILO OTONI  | Mucuri                      |                    |    | CI |    |    |

Tabela 43 - Rio Paraíba do Sul

| UPGRH |                                         | Município                      | Território | Ocorrência por ano |    |    |    |    |
|-------|-----------------------------------------|--------------------------------|------------|--------------------|----|----|----|----|
| Sigla | Nome                                    |                                |            | 12                 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| PS1   | Afluentes mineiros do Preto e Paraibuna | ALÉM PARAÍBA                   | Mata       | EX                 |    |    |    |    |
| PS1   | Afluentes mineiros do Preto e Paraibuna | LIMA DUARTE                    | Mata       | EX                 |    |    |    |    |
| PS1   | Afluentes mineiros do Preto e Paraibuna | SANTOS DUMONT                  | Mata       | E                  |    | I  |    |    |
| PS1   | Afluentes mineiros do Preto e Paraibuna | SIMÃO PEREIRA                  | Mata       | EX                 |    |    |    |    |
| PS1   | Afluentes mineiros do Preto e Paraibuna | ITAMONTE                       | Sul        |                    |    |    |    | I  |
| PS1   | Afluentes mineiros do Preto e Paraibuna | CHÁCARA                        | Mata       |                    | D  |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | ALÉM PARAÍBA                   | Mata       | EX                 |    |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | ARAPONGA                       | Caparaó    | EX                 |    |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | ASTOLFO DUTRA                  | Mata       | EX                 |    |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | BARÃO DO MONTE ALTO            | Mata       | D                  |    |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | CARANGOLA                      | Mata       | E                  |    |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | CATAGUASES                     | Mata       | E                  |    |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | DIVINÉSIA                      | Mata       | EX                 | CI |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | DONA EUZÉBIA                   | Mata       | E                  |    |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | ERVÁLIA                        | Mata       | D                  |    |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | ESPERA FELIZ                   | Mata       | E                  |    |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | EUGENÓPOLIS                    | Mata       | E                  |    |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | GUIDOVAL                       | Mata       | EX                 |    |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | GUIRICEMA                      | Mata       | EX                 |    |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | MIRAÍ                          | Mata       | E                  |    |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | MURIAÉ                         | Mata       | E                  |    |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | PATROCÍNIO DO MURIAÉ           | Mata       | E                  |    |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | PAULA CÂNDIDO                  | Caparaó    | E                  |    |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | PIRAPETINGA                    | Mata       | E                  |    |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | SANTOS DUMONT                  | Mata       | E                  |    | I  |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | SÃO GERALDO                    | Mata       | E                  |    |    |    |    |
| PS2   | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé    | SÃO SEBASTIÃO DA VARGEM ALEGRE | Mata       | E                  |    |    |    |    |

|     |                                      |                       |           |    |   |    |  |   |
|-----|--------------------------------------|-----------------------|-----------|----|---|----|--|---|
| PS2 | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé | UBÁ                   | Mata      | D  |   | CI |  |   |
| PS2 | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé | VISCONDE DO BRANCO    | Mata      | EX |   |    |  |   |
| PS2 | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé | MERCÊS                | Mata      |    |   | I  |  | I |
| PS2 | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé | SANTA BÁRBARA DO TUGÚ | Vertentes |    |   |    |  | I |
| PS2 | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé | ALTO DOCE             | Vertentes |    | A |    |  |   |
| PS2 | Afluentes mineiros do Pomba e Muriaé | CHÁCARA               | Mata      |    | D |    |  |   |

Tabela 44 - S. Francisco

| UPGRH |                                                         | Município           | Território    | Ocorrência por ano |    |    |    |    |
|-------|---------------------------------------------------------|---------------------|---------------|--------------------|----|----|----|----|
| Sigla | Nome                                                    |                     |               | 12                 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| SF1   | Alto curso do S. Francisco até a confluência com o Pará | BAMBUÍ              | Oeste         | V                  |    |    |    |    |
| SF1   | Alto curso do S. Francisco até a confluência com o Pará | CAPITÓLIO           | Sudoeste      | EX                 |    |    |    |    |
| SF1   | Alto curso do S. Francisco até a confluência com o Pará | FORMIGA             | Oeste         | EX                 |    |    |    |    |
| SF1   | Alto curso do S. Francisco até a confluência com o Pará | IGUATAMA            | Oeste         | E                  |    |    |    |    |
| SF10  | Afluentes mineiros do Verde Grande                      | BOCAIUVA            | Norte         | E                  |    |    |    |    |
| SF10  | Afluentes mineiros do Verde Grande                      | BRASÍLIA DE MINAS   | Norte         | E                  |    | EX |    |    |
| SF10  | Afluentes mineiros do Verde Grande                      | MONTES CLAROS       | Norte         | E                  | I  |    |    |    |
| SF10  | Afluentes mineiros do Verde Grande                      | MONTE AZUL          | Norte         |                    |    |    |    | I  |
| SF10  | Afluentes mineiros do Verde Grande                      | CAPITÃO ENÉAS       | Norte         |                    |    | CI |    |    |
| SF10  | Afluentes mineiros do Verde Grande                      | FRANCISCO SÁ        | Norte         |                    |    | CI |    |    |
| SF10  | Afluentes mineiros do Verde Grande                      | PARDO DE MINAS      | Norte         |                    |    | I  |    |    |
| SF10  | Afluentes mineiros do Verde Grande                      | SÃO JOÃO DA PONTE   | Norte         |                    |    | CI |    |    |
| SF2   | Pará                                                    | CARMÓPOLIS DE MINAS | Oeste         | E                  |    |    |    |    |
| SF2   | Pará                                                    | CONCEIÇÃO DO PARÁ   | Oeste         | EX                 |    |    |    |    |
| SF2   | Pará                                                    | CRUCILÂNDIA         | Metropolitano | E                  |    |    |    |    |
| SF2   | Pará                                                    | DESTERRO DE ENTRE S | Vertentes     | E                  |    |    |    |    |

|     |                                   |                      |               |    |    |    |    |  |
|-----|-----------------------------------|----------------------|---------------|----|----|----|----|--|
| SF2 | Pará                              | DIVINÓPOLIS          | Oeste         | E  |    |    |    |  |
| SF2 | Pará                              | ENTRE S DE MINAS     | Vertentes     | E  |    |    |    |  |
| SF2 | Pará                              | FLORESTAL            | Metropolitano | EX |    |    |    |  |
| SF2 | Pará                              | FORMIGA              | Oeste         | EX |    |    |    |  |
| SF2 | Pará                              | ITAGUARA             | Oeste         | EX |    |    |    |  |
| SF2 | Pará                              | ITAÚNA               | Oeste         | E  |    |    |    |  |
| SF2 | Pará                              | OLIVEIRA             | Oeste         | EX |    |    |    |  |
| SF2 | Pará                              | PARÁ DE MINAS        | Oeste         | E  |    |    |    |  |
| SF2 | Pará                              | PIRACEMA             | Oeste         | EX |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | BELO VALE            | Metropolitano | E  |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | BETIM                | Metropolitano | EX |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | BRUMADINHO           | Metropolitano | E  |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | CARANDAÍ             | Vertentes     | EX |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | CONGONHAS            | Vertentes     | E  |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | CONSELHEIRO LAFAIETE | Vertentes     | E  |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | CONTAGEM             | Metropolitano | V  |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | CRUCILÂNDIA          | Metropolitano | E  |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | DESTERRO DE ENTRE S  | Vertentes     | E  |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | ENTRE S DE MINAS     | Vertentes     | E  |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | ESMERALDAS           | Metropolitano | E  |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | FLORESTAL            | Metropolitano | EX |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | IBIRITÉ              | Metropolitano | D  |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | ITAGUARA             | Oeste         | EX |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | ITAÚNA               | Oeste         | E  |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | JECEABA              | Vertentes     | E  |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | JUATUBA              | Metropolitano | EX |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | MÁ CAMPOS            | Metropolitano | E  |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | MOEDA                | Metropolitano | E  |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | OURO PRETO           | Metropolitano | D  |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | PARÁ DE MINAS        | Oeste         | E  |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | PIRACEMA             | Oeste         | EX |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | SÃO BRÁS DO SUAÇUÍ   | Vertentes     | D  |    |    |    |  |
| SF3 | Paraopeba                         | ITAVERAVA            | Vertentes     |    |    |    | CI |  |
| SF3 | Paraopeba                         | BELO HORIZONTE       | Metropolitano |    | OI |    |    |  |
| SF4 | Entorno da represa de Três Marias | BURITIZEIRO          | Norte         | EX |    | EX |    |  |
| SF4 | Entorno da represa de Três Marias | SÃO GOTARDO          | Noroeste      | EX |    |    |    |  |

|     |                  |                        |                       |    |    |    |          |    |
|-----|------------------|------------------------|-----------------------|----|----|----|----------|----|
| SF5 | das Velhas       | BALDIM                 | Metropolitano         | V  |    |    |          |    |
| SF5 | das Velhas       | BELO VALE              | Metropolitano         | E  |    |    |          |    |
| SF5 | das Velhas       | BETIM                  | Metropolitano         | EX |    |    |          |    |
| SF5 | das Velhas       | BRUMADINHO             | Metropolitano         | E  |    |    |          |    |
| SF5 | das Velhas       | CONGONHAS              | Vertentes             | E  |    |    |          |    |
| SF5 | das Velhas       | CONTAGEM               | Metropolitano         | V  |    |    |          |    |
| SF5 | das Velhas       | ESMERALDAS             | Metropolitano         | E  |    |    |          |    |
| SF5 | das Velhas       | IBIRITÉ                | Metropolitano         | D  |    |    |          |    |
| SF5 | das Velhas       | ITABIRITO              | Metropolitano         | E  |    |    |          |    |
| SF5 | das Velhas       | JEQUITÁI               | Norte                 | E  |    |    |          |    |
| SF5 | das Velhas       | MARIANA                | Metropolitano         | D  |    |    | R/C<br>B |    |
| SF5 | das Velhas       | MOEDA                  | Metropolitano         | E  |    |    |          |    |
| SF5 | das Velhas       | OURO PRETO             | Metropolitano         | D  |    |    |          |    |
| SF5 | das Velhas       | RAPOSOS                | Metropolitano         | E  |    |    |          |    |
| SF5 | das Velhas       | SANTANA DE<br>PIRAPAMA | Metropolitano         | E  |    |    |          |    |
| SF5 | das Velhas       | VÁRZEA DA<br>PALMA     | Norte                 | E  |    |    |          |    |
| SF5 | das Velhas       | VESPASIANO             | Metropolitano         | EX |    |    |          |    |
| SF5 | das Velhas       | MORRO DO<br>PILAR      | Metropolitano         |    |    | CI |          | CI |
| SF5 | das Velhas       | INIMUTABA              | Central               |    |    | G  |          |    |
| SF5 | das Velhas       | PIRAPORA               | Norte                 |    |    | V  |          |    |
| SF5 | das Velhas       | SABARÁ                 | Metropolitano         |    |    | CI |          |    |
| SF5 | das Velhas       | SERRO                  | Alto<br>Jequitinhonha |    | CI | CI |          |    |
| SF5 | das Velhas       | BELO<br>HORIZONTE      | Metropolitano         |    | OI |    |          |    |
| SF5 | das Velhas       | SANTANA DO<br>RIACHO   | Metropolitano         |    | EX |    |          |    |
| SF6 | Jequitaí e Pacuí | BOCAIUVA               | Norte                 | E  |    |    |          |    |
| SF6 | Jequitaí e Pacuí | BRASÍLIA DE<br>MINAS   | Norte                 | E  |    | EX |          |    |
| SF6 | Jequitaí e Pacuí | BURITIZEIRO            | Norte                 | EX |    | EX |          |    |
| SF6 | Jequitaí e Pacuí | CLARO DOS<br>POÇÕES    | Norte                 | EX |    |    |          |    |
| SF6 | Jequitaí e Pacuí | CORAÇÃO DE<br>JESUS    | Norte                 | E  |    |    |          |    |
| SF6 | Jequitaí e Pacuí | IBIAÍ                  | Norte                 | E  |    |    |          |    |
| SF6 | Jequitaí e Pacuí | ICARAÍ DE<br>MINAS     | Norte                 | EX |    |    |          |    |
| SF6 | Jequitaí e Pacuí | JEQUITÁI               | Norte                 | E  |    |    |          |    |
| SF6 | Jequitaí e Pacuí | LUISLÂNDIA             | Norte                 | EX |    | EX |          |    |
| SF6 | Jequitaí e Pacuí | MONTES<br>CLAROS       | Norte                 | E  | I  |    |          |    |
| SF6 | Jequitaí e Pacuí | SANTA FÉ DE<br>MINAS   | Norte                 | EX |    |    |          |    |



|     |                                |                         |                 |    |  |    |    |  |
|-----|--------------------------------|-------------------------|-----------------|----|--|----|----|--|
| SF6 | Jequitai e Pacui               | SÃO FRANCISCO           | Norte           | E  |  |    |    |  |
| SF6 | Jequitai e Pacui               | UBAÍ                    | Norte           | EX |  |    |    |  |
| SF6 | Jequitai e Pacui               | VÁRZEA DA PALMA         | Norte           | E  |  |    |    |  |
| SF6 | Jequitai e Pacui               | PIRAPORA                | Norte           |    |  | V  |    |  |
| SF6 | Jequitai e Pacui               | PONTO CHIQUE            | Norte           |    |  | A  |    |  |
| SF7 | Afluentes mineiros do Paracatu | BURITIZEIRO             | Norte           | EX |  | EX |    |  |
| SF7 | Afluentes mineiros do Paracatu | SANTA FÉ DE MINAS       | Norte           | EX |  |    |    |  |
| SF7 | Afluentes mineiros do Paracatu | COROMANDE L             | Triangulo norte |    |  |    | CI |  |
| SF7 | Afluentes mineiros do Paracatu | BONFINÓPOLIS DE MINAS   | Noroeste        |    |  | I  |    |  |
| SF7 | Afluentes mineiros do Paracatu | PONTO CHIQUE            | Norte           |    |  | A  |    |  |
| SF8 | Urucuia                        | BURITIZEIRO             | Norte           | EX |  | EX |    |  |
| SF8 | Urucuia                        | ICARAÍ DE MINAS         | Norte           | EX |  |    |    |  |
| SF8 | Urucuia                        | SANTA FÉ DE MINAS       | Norte           | EX |  |    |    |  |
| SF8 | Urucuia                        | SÃO FRANCISCO           | Norte           | E  |  |    |    |  |
| SF8 | Urucuia                        | UBAÍ                    | Norte           | EX |  |    |    |  |
| SF8 | Urucuia                        | BONFINÓPOLIS DE MINAS   | Noroeste        |    |  | I  |    |  |
| SF8 | Urucuia                        | PONTO CHIQUE            | Norte           |    |  | A  |    |  |
| SF9 | Pandeiros e Calindó            | BRÁSILIA DE MINAS       | Norte           | E  |  | EX |    |  |
| SF9 | Pandeiros e Calindó            | ICARAÍ DE MINAS         | Norte           | EX |  |    |    |  |
| SF9 | Pandeiros e Calindó            | JANUÁRIA                | Norte           | E  |  |    |    |  |
| SF9 | Pandeiros e Calindó            | LUISLÂNDIA              | Norte           | EX |  | EX |    |  |
| SF9 | Pandeiros e Calindó            | PEDRAS DE MARIA DA CRUZ | Norte           | E  |  |    |    |  |
| SF9 | Pandeiros e Calindó            | S.FRANCISCO             | Norte           | E  |  |    |    |  |

Tabela 45 - Rio São Mateus

| UPGRH |            | Município            | Território   | Ocorrência por ano |    |    |    |    |
|-------|------------|----------------------|--------------|--------------------|----|----|----|----|
| Sigla | Nome       |                      |              | 12                 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| SM1   | São Mateus | CAMPANÁ              | Mucuri       | EX                 |    |    |    |    |
| SM1   | São Mateus | CONSELHEIRO PENA     | Vale do Doce | EX                 |    | CI |    |    |
| SM1   | São Mateus | FREI GASPAR          | Mucuri       | EX                 |    |    |    |    |
| SM1   | São Mateus | GALILÉIA             | Vale do Doce | EX                 |    | CI |    |    |
| SM1   | São Mateus | GOVERNADOR VALADARES | Vale do Doce | E                  |    | I  |    |    |

|     |            |                        |              |    |  |    |  |  |
|-----|------------|------------------------|--------------|----|--|----|--|--|
| SM1 | São Mateus | ITABIRINHA             | Vale do Doce | I  |  |    |  |  |
| SM1 | São Mateus | SÃO GERALDO DO BAIXIO  | Vale do Doce | EX |  | I  |  |  |
| SM1 | São Mateus | TEÓFILO OTONI          | Mucuri       | D  |  |    |  |  |
| SM1 | São Mateus | ATALÉIA                | Mucuri       |    |  | CI |  |  |
| SM1 | São Mateus | CARLOS CHAGAS          | Mucuri       |    |  | EX |  |  |
| SM1 | São Mateus | CENTRAL DE MINAS       | Vale do Doce |    |  | CI |  |  |
| SM1 | São Mateus | ITAMBACURI             | Mucuri       |    |  | CI |  |  |
| SM1 | São Mateus | JAMPRUCA               | Vale do Doce |    |  | EX |  |  |
| SM1 | São Mateus | MANTENA                | Vale do Doce |    |  | CI |  |  |
| SM1 | São Mateus | NOVA BELÉM             | Vale do Doce |    |  | CI |  |  |
| SM1 | São Mateus | SÃO JOÃO DO MANTENINHA | Vale do Doce |    |  | CI |  |  |
| SM1 | São Mateus | TEÓFILO OTONI          | Mucuri       |    |  | CI |  |  |

## ANEXO H – MUNICÍPIOS QUE DECLARARAM EMERGÊNCIA E CALAMIDADE EM SECAS

Nas tabelas abaixo são apresentados os municípios dentro dos UGPRH que declararam SE (Situação de Emergência) e ECP (Estado de Calamidade Pública) em secas nos últimos cinco anos no estado de Minas Gerais.

A nomenclatura das tabelas abaixo é apresentada na tabela 35 abaixo.

Tabela 46 - Nomenclatura usada nas tabelas de inundações

| Código | Descrição |
|--------|-----------|
| E      | Estiagem  |
| S      | Secas     |

Tabela 47 - Eventos de Secas e Estiagens

| Bacia    | UGPRH |                            | Município                | Território                  | Evento / Situação |    |    |    |    |
|----------|-------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------|----|----|----|----|
|          | Sigla | Nome                       |                          |                             | 12                | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Buranhém | BU1   | Buranhém                   | JACINTO                  | Médio e Baixo Jequitinhonha | E                 | E  | E  | E  | E  |
| Buranhém | BU1   | Buranhém                   | RUBIM                    | Médio e Baixo Jequitinhonha | E                 | E  | E  |    | E  |
| Buranhém | BU1   | Buranhém                   | PALMÓPOLIS               | Médio e Baixo Jequitinhonha |                   | E  | E  |    | E  |
| Buranhém | BU1   | Buranhém                   | SANTO ANTÔNIO DO JACINTO | Médio e Baixo Jequitinhonha |                   | E  | E  | E  | E  |
| Doce     | DO1   | Rio Piranga                | DOCE                     | Caparaó                     | E                 |    |    |    |    |
| Doce     | DO3   | Bacia do rio Santo Antônio | SERRO                    | Alto Jequitinhonha          |                   | E  | E  | E  |    |
| Doce     | DO4   | Bacia do rio Suaçuí        | FRANCISCÓPOLIS           | Mucuri                      | E                 |    |    | E  | E  |
| Doce     | DO4   | Bacia do rio Suaçuí        | ITAMARANDIBA             | Alto Jequitinhonha          | E                 | E  | E  | E  | E  |
| Doce     | DO4   | Bacia do rio Suaçuí        | ITAMBACURI               | Mucuri                      | E                 | E  | E  | E  | E  |
| Doce     | DO4   | Bacia do rio Suaçuí        | AIMORÉS                  | Vale do Doce                |                   |    |    |    | E  |
| Doce     | DO4   | Bacia do rio Suaçuí        | ANGELÂNDIA               | Mucuri                      |                   | E  | E  |    | E  |
| Doce     | DO4   | Bacia do rio Suaçuí        | ARICANDUVA               | Alto Jequitinhonha          |                   | E  | E  | E  | E  |
| Doce     | DO4   | Bacia do rio Suaçuí        | FREI GASPAR              | Mucuri                      |                   |    | S  |    | S  |
| Doce     | DO4   | Bacia do rio Suaçuí        | ITUETA                   | Vale do Doce                |                   |    |    |    | S  |
| Doce     | DO4   | Bacia do rio Suaçuí        | POTÉ                     | Mucuri                      |                   |    | S  |    | E  |
| Doce     | DO4   | Bacia do rio Suaçuí        | RESPLENDOR               | Vale do Doce                |                   |    |    |    | E  |
| Doce     | DO4   | Bacia do rio Suaçuí        | SANTA MARIA DO SUAÇUÍ    | Vale do Doce                |                   |    |    |    | E  |

|                     |     |                                   |                       |                             |   |     |     |       |   |
|---------------------|-----|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|---|-----|-----|-------|---|
| Doce                | DO4 | Bacia do rio Suaçuí               | SÃO GERALDO DO BAIXIO | Vale do Doce                |   |     |     |       | E |
| Doce                | DO4 | Bacia do rio Suaçuí               | CAPELINHA             | Alto Jequitinhonha          |   | E   | E   | E     |   |
| Doce                | DO4 | Bacia do rio Suaçuí               | FELÍCIO DOS SANTOS    | Alto Jequitinhonha          |   |     |     | E     |   |
| Doce                | DO4 | Bacia do rio Suaçuí               | GOIABEIRA             | Vale do Doce                |   | E   |     | E     |   |
| Doce                | DO4 | Bacia do rio Suaçuí               | MALACACHET A          | Mucuri                      |   | E   | E   | E     |   |
| Doce                | DO4 | Bacia do rio Suaçuí               | PESCADOR              | Mucuri                      |   |     |     | S     |   |
| Doce                | DO4 | Bacia do rio Suaçuí               | SERRO                 | Alto Jequitinhonha          |   | E   | E   | E     |   |
| Doce                | DO4 | Bacia do rio Suaçuí               | SETUBINHA             | Mucuri                      |   | E   | E   | E     |   |
| Doce                | DO4 | Bacia do rio Suaçuí               | FELÍCIO DOS SANTOS    | Alto Jequitinhonha          |   | E   |     |       |   |
| Doce                | DO5 | Rio Caratinga                     | RESPLENDOR            | Vale do Doce                |   |     |     |       | E |
| Doce                | DO6 | Rio Manhuaçu                      | AIMORÉS               | Vale do Doce                |   |     |     |       | E |
| Doce                | DO6 | Rio Manhuaçu                      | ITUETA                | Vale do Doce                |   |     |     |       | S |
| Doce                | DO6 | Rio Manhuaçu                      | POCRANE               | Caparaó                     |   |     |     |       | E |
| Doce                | DO6 | Rio Manhuaçu                      | RESPLENDOR            | Vale do Doce                |   |     |     |       | E |
| Grande              | GD3 | Entorno do Reservatório de Furnas | PIUMHI                | Sudoeste                    |   |     | E   |       |   |
| Grande              | GD4 | Rio Verde                         | CARMO DE MINAS        | Sul                         |   |     | S   |       |   |
| Alcobaça ou Itanhém | IN1 | Rio Itanhém                       | CRISÓLITA             | Mucuri                      | E | E   |     | E     | E |
| Alcobaça ou Itanhém | IN1 | Rio Itanhém                       | JOAÍMA                | Médio e Baixo Jequitinhonha | E |     | S   | S     | S |
| Alcobaça ou Itanhém | IN1 | Rio Itanhém                       | FELIZBURGO            | Médio e Baixo Jequitinhonha |   | E   | E   | E     | E |
| Alcobaça ou Itanhém | IN1 | Rio Itanhém                       | FRONTEIRA DOS VALES   | Mucuri                      |   |     |     |       | E |
| Alcobaça ou Itanhém | IN1 | Rio Itanhém                       | MACHACALIS            | Mucuri                      |   |     |     | E     | E |
| Alcobaça ou Itanhém | IN1 | Rio Itanhém                       | PALMÓPOLIS            | Médio e Baixo Jequitinhonha |   | E   | E   |       | E |
| Alcobaça ou Itanhém | IN1 | Rio Itanhém                       | RIO DO PRADO          | Médio e Baixo Jequitinhonha |   | E   | E   | S     |   |
| Itaúnas             | IU1 | Itaúnas                           | NANUQUE               | Mucuri                      |   |     |     |       | E |
| Jequitinhonha       | JQ1 | Alto Jequitinhonha                | BERILO                | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E   | E   | E     | E |
| Jequitinhonha       | JQ1 | Alto Jequitinhonha                | BOCAIÚVA              | Norte                       | E | E S | E S | E E S |   |
| Jequitinhonha       | JQ1 | Alto Jequitinhonha                | BOTUMIRIM             | Norte                       | E | E   | S   | E     | S |

|               |     |                    |                             |                             |   |          |          |          |   |
|---------------|-----|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|----------|----------|----------|---|
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | CARBONITA                   | Alto Jequitinhonha          | E | E        | E        | E        | E |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | CORONEL MURTA               | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E<br>E S | E<br>E S | S        | E |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | CRISTÁLIA                   | Norte                       | E | S        | S        | E<br>E S | S |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | DIAMANTINA                  | Alto Jequitinhonha          | E |          |          |          |   |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | FRANCISCO SÁ                | Norte                       | E | E        | E        | E        | E |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | FRUTA DE LEITE              | Norte                       | E | E<br>E S | E        | E<br>E S | S |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | GRÃO MOGOL                  | Norte                       | E | E        | E<br>E S | E        | E |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | GUARACIAMA                  | Norte                       | E | E        | E<br>E S | E<br>E S |   |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | ITACAMBIRA                  | Norte                       | E | E        | E        | E        | E |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | JOSÉ GONÇALVES DE MINAS     | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E        | E        | E        | E |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | JOSENÓPOLIS                 | Norte                       | E | S        | S        | S        |   |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | JURAMENTO                   | Norte                       | E | E        | E<br>E S | S        | E |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | LEME DO PRADO               | Alto Jequitinhonha          | E | E        | E        | E        |   |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | NOVORIZONTE                 | Norte                       | E | E        | E        | E        | E |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | OLHOS-D'ÁGUA                | Norte                       | E | E        | E        |          | E |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | PADRE CARVALHO              | Norte                       | E | S        | E        | E<br>E S | S |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | RIACHO DOS MACHADOS         | Norte                       | E | E        | E        | E        | E |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | PARDO DE MINAS              | Norte                       | E | S        | E<br>E S | S        | S |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | SERRANÓPOLIS DE MINAS       | Norte                       | E | S        | E        | E        | E |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | TURMALINA                   | Alto Jequitinhonha          | E | E        |          | E        | E |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | VIRGEM DA LAPA              | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E        | S        | E        | S |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | BUENÓPOLIS                  | Central                     |   |          | E        | E        | E |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | RUBELITA                    | Norte                       |   | E        | E        | E        | E |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | SENADOR MODESTINO GONÇALVES | Alto Jequitinhonha          |   | E        |          |          | E |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | FELÍCIO DOS SANTOS          | Alto Jequitinhonha          |   |          |          | E        |   |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | SERRO                       | Alto Jequitinhonha          |   | E        | E        | E        |   |
| Jequitinhonha | JQ1 | Alto Jequitinhonha | FELÍCIO DOS SANTOS          | Alto Jequitinhonha          |   | E        |          |          |   |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí        | ARAÇUAÍ                     | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E        | E        | E        |   |

|               |     |                             |                             |                             |   |     |     |   |   |
|---------------|-----|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|-----|-----|---|---|
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | BERILO                      | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E   | E   | E | E |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | CARAÍ                       | Médio e Baixo Jequitinhonha | E |     | E   |   | E |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | CARBONITA                   | Alto Jequitinhonha          | E | E   | E   | E | E |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | CHAPADA DO NORTE            | Alto Jequitinhonha          | E | E   | E   | E | S |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | CORONEL MURTA               | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E S | E S | S | E |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | DIAMANTINA                  | Alto Jequitinhonha          | E |     |     |   |   |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | FRANCISCO BADARÓ            | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E   | E   | S | S |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | ITAMARANDIBA                | Alto Jequitinhonha          | E | E   | E   | E | E |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | JENIPAPO DE MINAS           | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E   | E   | E | E |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | JOSÉ GONÇALVES DE MINAS     | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E   | E   | E | E |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | LEME DO PRADO               | Alto Jequitinhonha          | E | E   | E   | E |   |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | NOVO CRUZEIRO               | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E   | S   | S | E |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | TURMALINA                   | Alto Jequitinhonha          | E | E   |     | E | E |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | VIRGEM DA LAPA              | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E   | S   | E | S |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | ANGELÂNDIA                  | Mucuri                      |   | E   | E   |   | E |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | ARICANDUVA                  | Alto Jequitinhonha          |   | E   | E   | E | E |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | LADAINHA                    | Mucuri                      |   |     | S   | S | S |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | SENADOR MODESTINO GONÇALVES | Alto Jequitinhonha          |   | E   |     |   | E |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | CAPELINHA                   | Alto Jequitinhonha          |   | E   | E   | E |   |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | FELÍCIO DOS SANTOS          | Alto Jequitinhonha          |   |     |     | E |   |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | ITAIPÉ                      | Mucuri                      |   |     | E   | E |   |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | MALACACHETA                 | Mucuri                      |   | E   | E   | E |   |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | MINAS NOVAS                 | Alto Jequitinhonha          |   | E   | E   | E |   |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | SERRO                       | Alto Jequitinhonha          |   | E   | E   | E |   |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | SETUBINHA                   | Mucuri                      |   | E   | E   | E |   |
| Jequitinhonha | JQ2 | Rio Araçuaí                 | FELÍCIO DOS SANTOS          | Alto Jequitinhonha          |   | E   |     |   |   |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | ÁGUAS VERMELHAS             | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E S | E   | E | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | ALMENARA                    | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E   | E   | E | E |

|               |     |                             |                       |                             |   |             |             |             |   |
|---------------|-----|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|---|-------------|-------------|-------------|---|
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | ARAÇUAÍ               | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E           | E           | E           |   |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | CARAÍ                 | Médio e Baixo Jequitinhonha | E |             | E           |             | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | COMERCINHO            | Médio e Baixo Jequitinhonha | E |             | E           | E           | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | CORONEL MURTA         | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E<br>E<br>S | E<br>E<br>S | S           | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | DIVISA ALEGRE         | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E           | E           | E           |   |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | DIVISÓPOLIS           | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E           |             | E           |   |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | FRUTA DE LEITE        | Norte                       | E | E<br>E<br>S | E           | E<br>E<br>S | S |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | ITAOBIM               | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E           | E           | E           | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | ITINGA                | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E           | E           | S           | S |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | JACINTO               | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E           | E           | E           | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | JEQUITINHONHA         | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E           | E           | E           | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | JOAÍMA                | Médio e Baixo Jequitinhonha | E |             | S           | S           | S |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | NOVO CRUZEIRO         | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E           | S           | S           | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | NOVORIZONTE           | Norte                       | E | E           | E           | E           | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | PADRE PARAÍSO         | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E           | E           | E           | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | PEDRA AZUL            | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E           | E           | E           | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | PONTO DOS VOLANTES    | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E<br>E<br>S | E           | E           | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | PARDO DE MINAS        | Norte                       | E | S           | E<br>E<br>S | S           | S |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | RUBIM                 | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E           | E           |             | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | SALINAS               | Norte                       | E | E           | E           | E           | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | SANTA CRUZ DE SALINAS | Norte                       | E | E           | S           | S           |   |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | TAIOBEIRAS            | Norte                       | E | E           | E           | E           | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | VIRGEM DA LAPA        | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E           | S           | E           | S |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | CACHOEIRA DE PAJEÚ    | Médio e Baixo Jequitinhonha |   | E           | E           | E           | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | FELIZBURGO            | Médio e Baixo Jequitinhonha |   | E           | E           | E           | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | FRONTEIRA DOS VALES   | Mucuri                      |   |             |             |             | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | JORDÂNIA              | Médio e Baixo Jequitinhonha |   | E           |             | E           | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | MATA VERDE            | Médio e Baixo Jequitinhonha |   | E           | E           | E           | E |

|               |     |                             |                          |                             |   |             |   |   |   |
|---------------|-----|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|---|-------------|---|---|---|
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | MEDINA                   | Médio e Baixo Jequitinhonha |   | E           | E | E | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | MONTE FORMOSO            | Médio e Baixo Jequitinhonha |   | E           |   |   | S |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | RUBELITA                 | Norte                       |   | E           | E | E | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | SALTO DA DIVISA          | Médio e Baixo Jequitinhonha |   |             |   |   | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | SANTA MARIA DO SALTO     | Médio e Baixo Jequitinhonha |   | E           | E |   | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | SANTO ANTÔNIO DO JACINTO | Médio e Baixo Jequitinhonha |   | E           | E | E | E |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | BANDEIRA                 | Médio e Baixo Jequitinhonha |   | E           | E | E |   |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | ITAIPE                   | Mucuri                      |   |             | E | E |   |
| Jequitinhonha | JQ3 | Médio / Baixo Jequitinhonha | RIO DO PRADO             | Médio e Baixo Jequitinhonha |   | E           | E | S |   |
| Rio Jucuruçu  | JU1 | Rio Jucuruçu                | JOAÍMA                   | Médio e Baixo Jequitinhonha | E |             | S | S | S |
| Rio Jucuruçu  | JU1 | Rio Jucuruçu                | RUBIM                    | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E           | E |   | E |
| Rio Jucuruçu  | JU1 | Rio Jucuruçu                | FELIZBURGO               | Médio e Baixo Jequitinhonha |   | E           | E | E | E |
| Rio Jucuruçu  | JU1 | Rio Jucuruçu                | FRONTEIRA DOS VALES      | Mucuri                      |   |             |   |   | E |
| Rio Jucuruçu  | JU1 | Rio Jucuruçu                | PALMÓPOLIS               | Médio e Baixo Jequitinhonha |   | E           | E |   | E |
| Rio Jucuruçu  | JU1 | Rio Jucuruçu                | SANTO ANTÔNIO DO JACINTO | Médio e Baixo Jequitinhonha |   | E           | E | E | E |
| Rio Jucuruçu  | JU1 | Rio Jucuruçu                | RIO DO PRADO             | Médio e Baixo Jequitinhonha |   | E           | E | S |   |
| Mucuri        | MU1 | Mucuri                      | CARAÍ                    | Médio e Baixo Jequitinhonha | E |             | E |   | E |
| Mucuri        | MU1 | Mucuri                      | CRISÓLITA                | Mucuri                      | E | E           |   | E | E |
| Mucuri        | MU1 | Mucuri                      | FRANCISCÓPOLIS           | Mucuri                      | E |             |   | E | E |
| Mucuri        | MU1 | Mucuri                      | ITAMBACURI               | Mucuri                      | E | E           | E | E | E |
| Mucuri        | MU1 | Mucuri                      | JOAÍMA                   | Médio e Baixo Jequitinhonha | E |             | S | S | S |
| Mucuri        | MU1 | Mucuri                      | NOVO CRUZEIRO            | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E           | S | S | E |
| Mucuri        | MU1 | Mucuri                      | PADRE PARAÍSO            | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E           | E | E | E |
| Mucuri        | MU1 | Mucuri                      | PONTO DOS VOLANTES       | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E<br>E<br>S | E | E | E |
| Mucuri        | MU1 | Mucuri                      | CARLOS CHAGAS            | Mucuri                      |   |             |   | E | E |
| Mucuri        | MU1 | Mucuri                      | FREI GASPAR              | Mucuri                      |   |             | S |   | S |
| Mucuri        | MU1 | Mucuri                      | FRONTEIRA DOS VALES      | Mucuri                      |   |             |   |   | E |
| Mucuri        | MU1 | Mucuri                      | LADAINHA                 | Mucuri                      |   |             | S | S | S |
| Mucuri        | MU1 | Mucuri                      | MACHACALIS               | Mucuri                      |   |             |   | E | E |
| Mucuri        | MU1 | Mucuri                      | NANUQUE                  | Mucuri                      |   |             |   |   | E |



|           |     |              |                         |                             |   |             |             |             |   |
|-----------|-----|--------------|-------------------------|-----------------------------|---|-------------|-------------|-------------|---|
| Mucuri    | MU1 | Mucuri       | POTÉ                    | Mucuri                      |   |             | S           |             | E |
| Mucuri    | MU1 | Mucuri       | TEÓFILO OTONI           | Mucuri                      |   |             |             |             | E |
| Mucuri    | MU1 | Mucuri       | ATALÉIA                 | Mucuri                      |   |             | E           | E           |   |
| Mucuri    | MU1 | Mucuri       | CATUJI                  | Mucuri                      |   |             |             | E           |   |
| Mucuri    | MU1 | Mucuri       | ITAIPÉ                  | Mucuri                      |   |             | E           | E           |   |
| Mucuri    | MU1 | Mucuri       | MALACACHET A            | Mucuri                      |   | E           | E           | E           |   |
| Mucuri    | MU1 | Mucuri       | SETUBINHA               | Mucuri                      |   | E           | E           | E           |   |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | ÁGUAS VERMELHAS         | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E<br>E<br>S | E           | E           | E |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | BERIZAL                 | Norte                       | E | E           | E           | E           | E |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | CURRAL DE DENTRO        | Norte                       | E |             |             | E           | E |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | DIVISA ALEGRE           | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E           | E           | E           |   |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | ESPINOSA                | Norte                       | E | E           |             | E           | E |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | FRUTA DE LEITE          | Norte                       | E | E<br>E<br>S | E           | E<br>E<br>S | S |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | INDAIABIRA              | Norte                       | E | S           | S           | S           | S |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | MATO VERDE              | Norte                       | E | E<br>E<br>S | E           | E<br>E<br>S | S |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | MONTE AZUL              | Norte                       | E | E<br>E<br>S | E<br>E<br>S | S           | S |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | MONTEZUMA               | Norte                       | E | E           | S           | E           |   |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | NINHEIRA                | Norte                       | E | E           | E           | E           | E |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | NOVORIZONTE             | Norte                       | E | E           | E           | E           | E |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | PEDRA AZUL              | Médio e Baixo Jequitinhonha | E | E           | E           | E           | E |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | PORTEIRINHA             | Norte                       | E | E           | E           | E           |   |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | PARDO DE MINAS          | Norte                       | E | S           | E<br>E<br>S | S           | S |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | SALINAS                 | Norte                       | E | E           | E           | E           | E |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | SANTA CRUZ DE SALINAS   | Norte                       | E | E           | S           | S           |   |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | SANTO ANTÔNIO DO RETIRO | Norte                       | E |             |             | E           | E |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | SÃO JOÃO DO PARAÍSO     | Norte                       | E | E           | E           | E           | E |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | SERRANÓPOLIS DE MINAS   | Norte                       | E | S           | E           | E           | E |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | TAIOBEIRAS              | Norte                       | E | E           | E           | E           | E |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | VARGEM GRANDE DO PARDO  | Norte                       | E | E           | E           | E           |   |
| Pardo     | PA1 | Rio Mosquito | CACHOEIRA DE PAJEÚ      | Médio e Baixo Jequitinhonha |   | E           | E           | E           | E |
| Paranaíba | PN1 | Rio Dourados | PRESIDENTE OLEGÁRIO     | Noroeste                    |   |             | E           |             |   |

|                |      |                                                                                   |                   |          |   |     |     |       |   |
|----------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------|---|-----|-----|-------|---|
| Paraíba do Sul | PS2  | Afluentes mineiros dos rios Pomba e Muriaé                                        | GUIDOVAL          | Mata     |   |     |     | E     |   |
| Paraíba do Sul | PS2  | Afluentes mineiros dos rios Pomba e Muriaé                                        | DONA EUZÉBIA      | Mata     |   |     | S   |       |   |
| S. Francisco   | SF1  | Alto curso da bacia hidrográfica do S. Francisco até a confluência com o rio Pará | PIUMHI            | Sudoeste |   |     | E   |       |   |
| S. Francisco   | SF1  | Alto curso da bacia hidrográfica do S. Francisco até a confluência com o rio Pará | SERRA DA SAUDADE  | Oeste    |   |     | E   |       |   |
| S. Francisco   | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande                                            | BOCAIUVA          | Norte    | E | E S | E S | E E S |   |
| S. Francisco   | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande                                            | BRÁSILIA DE MINAS | Norte    | E | E S | E   | E E S | E |
| S. Francisco   | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande                                            | CAPITÃO ENÉAS     | Norte    | E | E S | E S | E E S | E |
| S. Francisco   | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande                                            | CAPITÃO ENÉAS     | Norte    | E | E S | E S | E E S | E |
| S. Francisco   | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande                                            | CATUTI            | Norte    | E | E   | E   | E     | E |
| S. Francisco   | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande                                            | ESPINOSA          | Norte    | E | E   |     | E     | E |
| S. Francisco   | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande                                            | FRANCISCO SÁ      | Norte    | E | E   | E   | E     | E |
| S. Francisco   | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande                                            | GAMELEIRAS        | Norte    | E | E   | E   | E     | E |
| S. Francisco   | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande                                            | GLAUCILÂNDIA      | Norte    | E | E   | E   | E     | E |
| S. Francisco   | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande                                            | GRÃO MOGOL        | Norte    | E | E   | E S | E     | E |
| S. Francisco   | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande                                            | GUARACIAMA        | Norte    | E | E   | E S | E E S |   |
| S. Francisco   | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande                                            | IBIRACATU         | Norte    | E | E   | E   | E     | E |

|              |      |                                        |                     |       |   |             |             |             |   |
|--------------|------|----------------------------------------|---------------------|-------|---|-------------|-------------|-------------|---|
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | ITACAMBIRA          | Norte | E | E           | E           | E           | E |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | JAÍBA               | Norte | E | E           | S           | S           | S |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | JANAÚBA             | Norte | E | S           | E           | S           | S |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | JAPONVAR            | Norte | E | E<br>E<br>S | E<br>E<br>S | E           | E |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | JURAMENTO           | Norte | E | E           | E<br>E<br>S | S           | E |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | LONTRA              | Norte | E | E           | E           | E           | E |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | MAMONAS             | Norte | E | E           | E           | E           | E |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | MANGA               | Norte | E | E           | E<br>E<br>S | E           | S |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | MATIAS CARDOSO      | Norte | E | E           | E           | E           | E |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | MATO VERDE          | Norte | E | E<br>E<br>S | E           | E<br>E<br>S | S |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | MIRABELA            | Norte | E | E<br>E<br>S | S           | E<br>E<br>S | E |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | MONTE AZUL          | Norte | E | E<br>E<br>S | E<br>E<br>S | S           | S |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | Montes Claros       | Norte | E | S           | E           | E           | E |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | MONTEZUMA           | Norte | E | E           | S           | E           |   |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | NOVA PORTEIRINHA    | Norte | E | S           | E           | E           | E |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | PAI PEDRO           | Norte | E | E<br>E<br>S | E<br>E<br>S | E<br>E<br>S | E |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | PATIS               | Norte | E | E<br>E<br>S | E<br>E<br>S | E           | S |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | PORTEIRINHA         | Norte | E | E           | E           | E           |   |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | RIACHO DOS MACHADOS | Norte | E | E           | E           | E           | E |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | PARDO DE MINAS      | Norte | E | S           | E<br>E<br>S | S           | S |

|              |      |                                        |                         |                    |   |     |     |       |   |
|--------------|------|----------------------------------------|-------------------------|--------------------|---|-----|-----|-------|---|
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | SANTO ANTÔNIO DO RETIRO | Norte              | E |     |     | E     | E |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | SÃO JOÃO DA PONTE       | Norte              | E | E   | E   | E     | E |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | SERRANÓPOLIS DE MINAS   | Norte              | E | S   | E   | E     | E |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | VARZELÂNDIA             | Norte              | E | E S | E S | S     | S |
| S. Francisco | SF10 | Afluentes mineiros do rio Verde Grande | VERDELÂNDIA             | Norte              | E | E S | S   | E E S | E |
| S. Francisco | SF4  | Entorno da represa de Três Marias      | BURITIZEIRO             | Norte              | E | E   | E   | S     | S |
| S. Francisco | SF4  | Entorno da represa de Três Marias      | CORINTO                 | Central            |   |     | E   |       |   |
| S. Francisco | SF4  | Entorno da represa de Três Marias      | PRESIDENTE OLEGÁRIO     | Noroeste           |   |     | E   |       |   |
| S. Francisco | SF4  | Entorno da represa de Três Marias      | SERRA DA SAUDADE        | Oeste              |   |     | E   |       |   |
| S. Francisco | SF5  | Rio das Velhas                         | DIAMANTINA              | Alto Jequitinhonha | E |     |     |       |   |
| S. Francisco | SF5  | Rio das Velhas                         | FRANCISCO DUMONT        | Norte              | E | E S | E S | E     | E |
| S. Francisco | SF5  | Rio das Velhas                         | JEQUITAÍ                | Norte              | E | E   | E S | S     | S |
| S. Francisco | SF5  | Rio das Velhas                         | JOAQUIM FELÍCIO         | Norte              | E | E S | E S |       |   |
| S. Francisco | SF5  | Rio das Velhas                         | LASSANCE                | Norte              | E | E   | E   | E     |   |
| S. Francisco | SF5  | Rio das Velhas                         | PIRAPORA                | Norte              | E | E   | E   | E     | E |
| S. Francisco | SF5  | Rio das Velhas                         | VÁRZEA DA PALMA         | Norte              | E | E   | E   | E     | E |
| S. Francisco | SF5  | Rio das Velhas                         | BUENÓPOLIS              | Central            |   |     | E   | E     | E |
| S. Francisco | SF5  | Rio das Velhas                         | SANTO HIPÓLITO          | Central            |   |     | E   | E     |   |
| S. Francisco | SF5  | Rio das Velhas                         | SERRO                   | Alto Jequitinhonha |   | E   | E   | E     |   |
| S. Francisco | SF5  | Rio das Velhas                         | AUGUSTO DE LIMA         | Central            |   | E   | E   |       |   |
| S. Francisco | SF5  | Rio das Velhas                         | CORINTO                 | Central            |   |     | E   |       |   |
| S. Francisco | SF6  | Rios Jequitai e Pacuí                  | BOCAIUVA                | Norte              | E | E S | E S | E E S |   |
| S. Francisco | SF6  | Rios Jequitai e Pacuí                  | BRASÍLIA DE MINAS       | Norte              | E | E S | E   | E E S | E |
| S. Francisco | SF6  | Rios Jequitai e Pacuí                  | BURITIZEIRO             | Norte              | E | E   | E   | S     | S |

|              |     |                       |                    |                    |   |             |             |             |             |
|--------------|-----|-----------------------|--------------------|--------------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | CAMPO AZUL         | Norte              | E | E           | E           | E           | E           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | CLARO DOS POÇÕES   | Norte              | E | E<br>E<br>S | E           | S           | E           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | CORAÇÃO DE JESUS   | Norte              | E | E           | E           | E           | E           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | DIAMANTINA         | Alto Jequitinhonha | E |             |             |             |             |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | ENGENHEIRO NAVARRO | Norte              | E | E           | E           | E           | E           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | FRANCISCO DUMONT - | Norte              | E | E<br>E<br>S | E<br>E<br>S | E           | E           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | IBIAÍ              | Norte              | E | E           | E           | E           | E           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | ICARAÍ DE MINAS    | Norte              | E | E<br>E<br>S | S           | E<br>E<br>S | E           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | JEQUITAÍ           | Norte              | E | E           | E<br>E<br>S | S           | S           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | JOAQUIM FELÍCIO    | Norte              | E | E<br>E<br>S | E<br>E<br>S |             |             |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | LAGOA DOS PATOS    | Norte              | E | E<br>E<br>S | E           | E           | E<br>E<br>S |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | LASSANCE           | Norte              | E | E           | E           | E           |             |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | LUISLÂNDIA         | Norte              | E | E<br>E<br>S | E           | E<br>E<br>S | E           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | MIRABELA           | Norte              | E | E<br>E<br>S | S           | E<br>E<br>S | E           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | MONTES CLAROS      | Norte              | E | S           | E           | E           | E           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | OLHOS-D'ÁGUA       | Norte              | E | E           | E           |             | E           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | PINTÓPOLIS         | Norte              | E | E           | E<br>E<br>S | E           | E           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | PIRAPORA           | Norte              | E | E           | E           | E           | E           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | SANTA FÉ DE MINAS  | Norte              | E | E           | E           | E           | E           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | SÃO FRANCISCO      | Norte              | E | E           | E           | E           | E           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | SÃO JOÃO DA LAGOA  | Norte              | E | E           | S           | E           |             |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | SÃO JOÃO DO PACUÍ  | Norte              | E | E<br>E<br>S | E           |             | E           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | SÃO ROMÃO          | Norte              | E | E           | S           | E           | E           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | UBAÍ               | Norte              | E | E           | E<br>E<br>S | S           | S           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | VÁRZEA DA PALMA    | Norte              | E | E           | E           | E           | E           |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí | BUENÓPOLIS         | Central            |   |             | E           | E           | E           |

|              |     |                                    |                       |          |   |          |          |          |   |
|--------------|-----|------------------------------------|-----------------------|----------|---|----------|----------|----------|---|
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí              | PONTO CHIQUE          | Norte    |   | E        | E        | E        | E |
| S. Francisco | SF6 | Rios Jequitai e Pacuí              | CORINTO               | Central  |   |          | E        |          |   |
| S. Francisco | SF7 | Afluentes mineiros do rio Paracatu | BONFINÓPOLIS DE MINAS | Noroeste | E | E        | E        | E        | E |
| S. Francisco | SF7 | Afluentes mineiros do rio Paracatu | BURITIZEIRO           | Norte    | E | E        | E        | S        | S |
| S. Francisco | SF7 | Afluentes mineiros do rio Paracatu | DOM BOSCO             | Noroeste | E | E        | E        |          |   |
| S. Francisco | SF7 | Afluentes mineiros do rio Paracatu | NATALÂNDIA            | Noroeste | E |          |          |          |   |
| S. Francisco | SF7 | Afluentes mineiros do rio Paracatu | SANTA FÉ DE MINAS     | Norte    | E | E        | E        | E        | E |
| S. Francisco | SF7 | Afluentes mineiros do rio Paracatu | SÃO ROMÃO             | Norte    | E | E        | S        | E        | E |
| S. Francisco | SF7 | Afluentes mineiros do rio Paracatu | PONTO CHIQUE          | Norte    |   | E        | E        | E        | E |
| S. Francisco | SF7 | Afluentes mineiros do rio Paracatu | LAGOA GRANDE          | Noroeste |   |          | E        |          |   |
| S. Francisco | SF7 | Afluentes mineiros do rio Paracatu | PRESIDENTE OLEGÁRIO   | Noroeste |   |          | E        |          |   |
| S. Francisco | SF8 | Rio Urucuia                        | ARINOS                | Noroeste | E | S        | E<br>E S | S        |   |
| S. Francisco | SF8 | Rio Urucuia                        | BONFINÓPOLIS DE MINAS | Noroeste | E | E        | E        | E        | E |
| S. Francisco | SF8 | Rio Urucuia                        | BURITIZEIRO           | Norte    | E | E        | E        | S        | S |
| S. Francisco | SF8 | Rio Urucuia                        | CHAPADA GAÚCHA        | Noroeste | E | E<br>E S | E<br>E S | E        | E |
| S. Francisco | SF8 | Rio Urucuia                        | DOM BOSCO             | Noroeste | E | E        | E        |          |   |
| S. Francisco | SF8 | Rio Urucuia                        | ICARAÍ DE MINAS       | Norte    | E | E<br>E S | S        | E<br>E S | E |
| S. Francisco | SF8 | Rio Urucuia                        | NATALÂNDIA            | Noroeste | E |          |          |          |   |
| S. Francisco | SF8 | Rio Urucuia                        | PINTÓPOLIS            | Norte    | E | E        | E<br>E S | E        | E |
| S. Francisco | SF8 | Rio Urucuia                        | SANTA FÉ DE MINAS     | Norte    | E | E        | E        | E        | E |
| S. Francisco | SF8 | Rio Urucuia                        | SÃO FRANCISCO         | Norte    | E | E        | E        | E        | E |
| S. Francisco | SF8 | Rio Urucuia                        | SÃO ROMÃO             | Norte    | E | E        | S        | E        | E |
| S. Francisco | SF8 | Rio Urucuia                        | UBAÍ                  | Norte    | E | E        | E<br>E S | S        | S |
| S. Francisco | SF8 | Rio Urucuia                        | URUCUIA               | Norte    | E | E        | E<br>E S | E        | E |
| S. Francisco | SF8 | Rio Urucuia                        | FORMOSO               | Noroeste |   |          |          |          | E |

|              |     |                          |                         |          |   |          |          |          |   |
|--------------|-----|--------------------------|-------------------------|----------|---|----------|----------|----------|---|
| S. Francisco | SF8 | Rio Urucuia              | PONTO CHIQUE            | Norte    |   | E        | E        | E        | E |
| S. Francisco | SF8 | Rio Urucuia              | RIACHINHO               | Noroeste |   | S        | E<br>E S | E        | E |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | ARINOS                  | Noroeste | E | S        | E<br>E S | S        |   |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | BONITO DE MINAS         | Norte    | E | E<br>E S | E<br>E S | E        | E |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | BRASÍLIA DE MINAS       | Norte    | E | E<br>E S | E        | E E<br>S | E |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | CHAPADA GAÚCHA          | Noroeste | E | E<br>E S | E<br>E S | E        | E |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | CÔNEGO MARINHO          | Norte    | E | E<br>E S | S        | E        | E |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | IBIRACATU               | Norte    | E | E        | E        | E        | E |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | ICARAÍ DE MINAS         | Norte    | E | E<br>E S | S        | E E<br>S | E |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | ITACARAMBI              | Norte    | E | E        | E        |          | E |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | JAÍBA                   | Norte    | E | E        | S        | S        | S |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | JANUÁRIA                | Norte    | E | E        | E        | E        | E |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | JAPONVAR                | Norte    | E | E<br>E S | E<br>E S | E        | E |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | JUVENÍLIA               | Norte    | E | E        | E        | E        | E |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | LONTRA                  | Norte    | E | E        | E        | E        | E |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | LUISLÂNDIA              | Norte    | E | E<br>E S | E        | E E<br>S | E |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | MANGA                   | Norte    | E | E        | E<br>E S | E        | S |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | MATIAS CARDOSO          | Norte    | E | E        | E        | E        | E |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | MIRABELA                | Norte    | E | E<br>E S | S        | E E<br>S | E |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | MIRAVÂNIA               | Norte    | E | E        | E        | E        | E |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | MONTALVÂNIA             | Norte    | E | E<br>E S | S        | E E<br>S | E |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | PATIS                   | Norte    | E | E<br>E S | E<br>E S | E        | S |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | PEDRAS DE MARIA DA CRUZ | Norte    | E | E        | E        | E        | E |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | PINTÓPOLIS              | Norte    | E | E        | E<br>E S | E        | E |
| S. Francisco | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | SÃO FRANCISCO           | Norte    | E | E        | E        | E        | E |

|                |     |                          |                       |              |   |          |          |          |   |
|----------------|-----|--------------------------|-----------------------|--------------|---|----------|----------|----------|---|
| S. Francisco   | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | SÃO JOÃO DA PONTE     | Norte        | E | E        | E        | E        | E |
| S. Francisco   | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | SÃO JOÃO DAS MISSÕES  | Norte        | E | E        | E        | E        |   |
| S. Francisco   | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | URUCUIA               | Norte        | E | E        | E<br>E S | E        | E |
| S. Francisco   | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | VARZELÂNDIA           | Norte        | E | E<br>E S | E<br>E S | S        | S |
| S. Francisco   | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | VERDELÂNDIA           | Norte        | E | E<br>E S | S        | E<br>E S | E |
| S. Francisco   | SF9 | Rios Pandeiros e Calindó | FORMOSO               | Noroeste     |   |          |          |          | E |
| Rio São Mateus | SM1 | Rio São Mateus           | ITAMBACURI            | Mucuri       | E | E        | E        | E        | E |
| Rio São Mateus | SM1 | Rio São Mateus           | CARLOS CHAGAS         | Mucuri       |   |          |          | E        | E |
| Rio São Mateus | SM1 | Rio São Mateus           | FREI GASPAR           | Mucuri       |   |          | S        |          | S |
| Rio São Mateus | SM1 | Rio São Mateus           | POTÉ                  | Mucuri       |   |          | S        |          | E |
| Rio São Mateus | SM1 | Rio São Mateus           | SÃO GERALDO DO BAIXIO | Vale do Doce |   |          |          |          | E |
| Rio São Mateus | SM1 | Rio São Mateus           | TEÓFILO OTONI         | Mucuri       |   |          |          |          | E |
| Rio São Mateus | SM1 | Rio São Mateus           | ATALÉIA               | Mucuri       |   |          | E        | E        |   |
| Rio São Mateus | SM1 | Rio São Mateus           | PESCADOR              | Mucuri       |   |          |          | S        |   |