

PRODUTO 2 – LEVANTAMENTO DE DADOS, INTERFACE COM FERRAMENTAS E PROCEDIMENTOS EXISTENTES

NATUREZA DO TRABALHO

Elaboração do Plano de Gerenciamento de Risco (PGR) para a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

CONTRATANTE

AGEVAP

Associação Pró-Gestão das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

CONTRATO	CÓDIGO	REVISÃO	LOCAL E DATA
6911.0000958.19.2	2058-R02-20	02	São Paulo, 13/04/2021

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	12
2	METODOLOGIA DE TRABALHO	14
3	LEVANTAMENTO DE DADOS, ESTUDOS, SISTEMAS E INFORMAÇÕES RELEVANTES AO TRABALHO	15
3.1	INVENTÁRIO DE OCORRÊNCIAS	31
3.2	BANCO DE DADOS SIG	33
3.3	ELABORAÇÃO DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS.....	43
3.4	MUNICÍPIOS PERTENCENTES À BACIA	62
3.5	ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DOS DADOS DE EMPREENDIMENTOS LINEARES	68
3.6	ANÁLISE DE EXPERIÊNCIAS SIMILARES DE OUTRAS BACIAS	73
4	INVENTÁRIO E ANÁLISE DE EVENTOS E ACIDENTES OCORRIDOS NA BACIA	73
4.1	ESTIAGENS PROLONGADAS	74
4.2	CHEIAS	84
4.3	MOVIMENTOS DE MASSA	104
4.3.1	<i>Corrida de Massa</i>	106
4.3.2	<i>Deslizamentos</i>	107
4.4	CONTAMINAÇÃO POR POLUENTES.....	109
4.4.1	<i>Eventos causados por empreendimento industrial ou por descarte e disposição de resíduos e efluentes.....</i>	113
4.4.2	<i>Eventos relacionados a transporte em polidutos.....</i>	114
4.4.3	<i>Eventos relacionados a empreendimentos de transportes rodoferroviários</i>	115
4.5	ROMPIMENTO DE BARRAGENS	117
4.5.1	<i>Barragens de Aproveitamentos Hidráulicos.....</i>	118
4.5.2	<i>Barragens de Rejeito</i>	121
4.6	INTRUSÃO SALINA.....	124
5	ANÁLISE DE EXPERIÊNCIAS SIMILARES DE OUTRAS BACIAS	125
5.1	ESTIAGENS PROLONGADAS	125
5.2	CHEIAS	130
5.3	CONTAMINAÇÃO POR POLUENTES.....	133
5.3.1	<i>Eventos causados por empreendimento industrial ou descarte e disposição de resíduos e efluentes</i>	133
5.3.2	<i>Eventos relacionados ao transporte em polidutos.....</i>	135
5.3.3	<i>Eventos relacionados ao transporte de produtos perigosos</i>	136
5.4	ROMPIMENTO DE BARRAGENS	138
5.4.1	<i>Barragens de aproveitamentos hidráulicos</i>	139
5.4.2	<i>Barragens de armazenamento de rejeitos</i>	142

5.5 INTRUSÃO SALINA.....	144
5.6 EXPERIÊNCIAS DE PLANOS DE GERENCIAMENTO DE RISCOS EM OUTRAS BACIAS, ÁREAS DO CONHECIMENTO OU INTERNACIONAIS	145
6 CADASTRO E CARACTERIZAÇÃO DOS EVENTOS	153
6.1 ESPACIALIZAÇÃO E ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS	156
7 OFICINA DE DISCUSSÃO E VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS	181
7.1 FORMULÁRIO E RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	181
8 REUNIÃO DE DISCUSSÃO COM A GTPGR	182
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS E DIRETRIZES PARA O PRODUTO 3.....	182
10 EQUIPE TÉCNICA	183
11 REFERÊNCIAS	184
ANEXO 1 – RISCOS: CONCEITOS E GESTÃO	194
A.1. ANÁLISE DE RISCOS: CONCEITOS	195
1.1 NORMA BRASILEIRA ISO 31000.....	195
1.1.1 <i>Termos e Definições da ISO 31000</i>	196
1.2 CODIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES (COBRADE)	197
1.3 ESTRATÉGIA INTERNACIONAL DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A REDUÇÃO DE DESASTRES	204
1.4 GLOSSÁRIO DE TERMOS ADOTADOS.....	205
A.2. GESTÃO DE RISCOS	206
2.1 EIXOS DE GESTÃO DE RISCO.....	208
ANEXO DIGITAL 1 – INVENTÁRIO COMPLETO DE EVENTOS IDENTIFICADOS NA BACIA	212
ANEXO DIGITAL 2 – INFORMAÇÕES DOS FORMULÁRIOS PREENCHIDOS DE APOIO À IDENTIFICAÇÃO DE EVENTOS NA BACIA.....	212

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Fluxo de Atividades Previstas para Execução.	13
Figura 2.1 – Resumo de bases conceituais e de variáveis nas análises de risco, bem como a figura-síntese do risco, quando aplicado para desastres.	14
Figura 3.1 – Relação de entidades cujos sites foram consultados.	15
Figura 3.2 – Distribuição dos dados de outorgas estaduais por região hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul.	36
Figura 3.3 – Distribuição dos dados de outorgas federais por região hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul.	37
Figura 3.4 – Média anual de vazões de outorgas estaduais por região hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul.	37
Figura 3.5 – Média anual de vazões de outorgas federais por região hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul.	38
Figura 3.6 – Distribuição dos dados de empreendimentos licenciados por região hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul.	39
Figura 3.7 – Distribuição das ETEs por região hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul.	39
Figura 3.8 – Distribuição dos dados de barragens por região hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul.	40
Figura 3.9 – Distribuição dos dados de risco de rompimento de barragens inseridas na bacia do rio Paraíba do Sul.	41
Figura 3.10 – Distribuição dos dados de mineração em fase de operação por região hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul.	42
Figura 3.11 – Distribuição dos dados de áreas contaminadas por região hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul.	43
Figura 3.12 – Atividades mineradoras na bacia do rio Paraíba do Sul.	44
Figura 3.13 – Mapa de barragens da bacia do rio Paraíba do Sul.	46
Figura 3.14 – Mapa de risco de rompimento de barragens localizadas da bacia do rio Paraíba do Sul.	47
Figura 3.15 – Mapa de áreas contaminadas na bacia do rio Paraíba do Sul.	49
Figura 3.16 – Mapa de todas as outorgas de águas de domínio da União na bacia do rio Paraíba do Sul.	51
Figura 3.17 – Mapa de todas as outorgas estaduais referentes ao uso de águas da bacia do rio Paraíba do Sul.	53
Figura 3.18 – Mapa das outorgas estaduais referentes ao uso de águas subterrâneas da bacia do rio Paraíba do Sul.	54
Figura 3.19 – Mapa de todas as outorgas estaduais referentes ao uso de águas do CBH do Paraíba do Sul.	55
Figura 3.20 – Mapa de todas as outorgas estaduais referentes ao uso de águas das UPs Médio Paraíba do Sul e do Rio Pirai.	56
Figura 3.21 – Mapa de todas as outorgas estaduais referentes ao uso de águas do CBH dos afluentes mineiros dos Rios Preto e Paraibuna.	57
Figura 3.22 – Mapa de todas as outorgas estaduais referentes ao uso de águas do CBH dos afluentes mineiros dos Rios Pomba e Muriaé e do CBH Baixo Paraíba do Sul.	58

Figura 3.23 – Mapa de todas as outorgas estaduais referentes ao uso de águas dos CBHs Rio Piabanha e Rio Dois Rios.....	59
Figura 3.24 – Mapa de empreendimentos em geral localizados na bacia do rio Paraíba do Sul.....	60
Figura 3.25 – Mapa das ETs localizadas na bacia do rio Paraíba do Sul.	61
Figura 3.26 – Mapa da malha rodoviária da bacia do rio Paraíba do Sul.	69
Figura 3.27 – Mapa da malha ferroviária da bacia do rio Paraíba do Sul.....	70
Figura 3.28 – Minerodutos que passam pela bacia do rio Paraíba do Sul.	72
Figura 4.1 – Comparação entre o número de eventos identificados em cada estado na bacia.	84
Figura 4.2 – Emergências químicas do estado de São Paulo, separados por UGRHs.....	110
Figura 4.3 – Quadro consolidado do diagnóstico de acidentes ambientais do estado do Rio de Janeiro.	111
Figura 4.4 – Quadro consolidado do diagnóstico de acidentes ambientais do estado de Minas Gerais.	112
Figura 4.5 – Rompimento da barragem de rejeito em Mirai atinge Muriaé a 30 km de distância.	122
Figura 4.6 – (A) Vista aérea do ribeirão do Cágado com lama tóxica; (B) Trajeto da mancha; e (C) Mancha tóxica chega ao mar.....	123
Figura 5.1 – Modelo Conceitual Proposto para o Plano de Gerenciamento de Crises da Bacia do Rio São Francisco.	146
Figura 5.2 – Acompanhamento dos reservatórios em situação de crise da bacia do rio Tocantins...	126
Figura 5.3 – Diagrama Esquemático de Hidrelétricas da Bacia do Rio Paraíba do Sul (dados de 04/04/2021).....	127
Figura 5.4 – Situação de Secas para o Mês de Janeiro de 2021.	128
Figura 5.5 – Avaliação de alterações mensais de secas no País.	129
Figura 5.6 – Sistema de Reservatórios da Bacia do Rio Paraíba do Sul monitorados pelo SAR.	130
Figura 5.7 – Quadro resumo do Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Rio Doce.....	131
Figura 5.8 – Previsão de cheia do rio Madeira em Porto Velho.....	132
Figura 5.9 – Exemplo de Boletim de Alerta da Defesa Civil de Itajaí.....	133
Figura 6.1 – Síntese quantitativa dos acidentes identificados na bacia.....	154
Figura 6.2 – Distribuição das ocorrências de inundação e cheia na bacia do rio Paraíba do Sul.	158
Figura 6.3 – Frequência de inundação e cheia na bacia do rio Paraíba do Sul.	159
Figura 6.4 – Trechos inundáveis e frequência de ocorrência na bacia do rio Paraíba do Sul.....	160
Figura 6.5 – Trechos inundáveis e nível de impacto na bacia do rio Paraíba do Sul.	161
Figura 6.6 – Distribuição das ocorrências de enxurrada na bacia do rio Paraíba do Sul.	162
Figura 6.7 – Frequência das ocorrências de enxurrada na bacia do rio Paraíba do Sul.....	163
Figura 6.8 – Distribuição das ocorrências de estiagem na bacia do rio Paraíba do Sul.....	165
Figura 6.9 – Frequência das ocorrências de estiagem na bacia do rio Paraíba do Sul.	166
Figura 6.10 – Distribuição das ocorrências de corridas de massa na bacia do rio Paraíba do Sul....	167
Figura 6.11 – Frequência das ocorrências de corridas de massa na bacia do rio Paraíba do Sul. ...	168
Figura 6.12 – Distribuição das ocorrências de deslizamentos na bacia do rio Paraíba do Sul.	170

Figura 6.13 – Frequência das ocorrências de deslizamentos na bacia do rio Paraíba do Sul.	171
Figura 6.14 – Distribuição das ocorrências de rompimento e colapso de barragens na bacia do rio Paraíba do Sul.	173
Figura 6.15 – Frequência das ocorrências de rompimento e colapso de barragens na bacia do rio Paraíba do Sul.	174
Figura 6.16 – Distribuição das ocorrências de liberação de produtos químicos nos sistemas de água potável na bacia do rio Paraíba do Sul.	175
Figura 6.17 – Frequência das ocorrências de liberação de produtos químicos nos sistemas de água potável na bacia do rio Paraíba do Sul.	176
Figura 6.18 – Distribuição das ocorrências de derramamento de produtos químicos na bacia do rio Paraíba do Sul.	177
Figura 6.19 – Frequência das ocorrências de derramamento de produtos químicos na bacia do rio Paraíba do Sul.	178
Figura 6.20 – Distribuição das ocorrências de desastres relacionados a transporte de produtos perigosos na bacia do rio Paraíba do Sul.	179
Figura 6.21 – Frequência das ocorrências de desastres relacionados a transporte de produtos perigosos na bacia do rio Paraíba do Sul.	180

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Principais bases de dados consultadas.	15
Quadro 3.2 – Tipos de estudos relacionados à suscetibilidade e riscos a processos hidrológicos e geológicos dos municípios localizados na bacia do Rio Paraíba do Sul.	18
Quadro 3.3 – Barragens instaladas na bacia do rio Paraíba do Sul que possuem PAE (Plano de Ação de Emergência) e PSB (Plano de Segurança de Barragens) e suas respectivas categorias de risco e dano potencial associado.	28
Quadro 3.4 – Categorias de acidentes naturais e tecnológicos da COBRADE selecionadas para levantamento de ocorrências.....	32
Quadro 3.5 – Dados SIG coletados dos tipos de empreendimentos e seus respectivos papéis potenciais quanto ao risco.	34
Quadro 3.6 – Finalidades das outorgas de águas de domínio da União localizadas na bacia do Rio Paraíba do Sul.	50
Quadro 3.7 – Municípios da bacia e localização de suas superfícies e sedes.	62
Quadro 4.1 – Eventos reconhecidos e registrados de secas e estiagens no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais e no sistema S2ID na porção mineira da bacia	76
Quadro 4.2 – Eventos reconhecidos e registrados de secas e estiagens no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais e no sistema S2ID na porção fluminense da bacia.	77
Quadro 4.3 – Relação completa de eventos inventariados de secas e estiagens na porção mineira da bacia.	80
Quadro 4.4 – Relação completa de eventos inventariados de secas e estiagens na porção fluminense da bacia.	81
Quadro 4.5 – Relação completa de eventos inventariados de secas e estiagens na porção paulista da bacia.	83
Quadro 4.6 – Eventos reconhecidos e registrados de inundações no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais e no sistema S2ID na porção mineira da bacia.	86
Quadro 4.7 – Eventos reconhecidos e registrados de inundações no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais e no sistema S2ID na porção fluminense da bacia.....	89
Quadro 4.8 – Eventos reconhecidos e registrados de inundações no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais e no sistema S2ID na porção paulista da bacia.....	90
Quadro 4.9 – Relação completa de eventos inventariados de inundações na porção mineira da bacia.	93
Quadro 4.10 – Relação completa de eventos inventariados de inundações na porção fluminense da bacia.	98
Quadro 4.11 – Relação completa de eventos inventariados de inundações na porção paulista da bacia.	102
Quadro 4.12 – Dados sobre áreas de risco de movimentos de massa mapeados nos municípios ...	105
Quadro 4.13 – Relação dos acidentes que resultaram na contaminação de corpos hídricos do trecho mineiro da Bacia do Paraíba do Sul.	116
Quadro 4.14 – Reservatórios do Grupo 2 suas prioridades de estudo.	120
Quadro 5.1 – Características das barragens e consequências de rupturas pretéritas ocorridas no Brasil.....	140
Quadro 5.2 – Exemplos de casos de destaque de rupturas de barragem de rejeitos, características das barragens e impactos.	142

Quadro 6.1 – Síntese dos resultados de acidentes na bacia do Rio Paraíba do Sul 153

LISTA DE SIGLAS

ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química
AGEVAP – Associação Pró-Gestão das Águas do Rio Paraíba do Sul
Al – Alumínio
ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
ANM – Agência Nacional de Mineração
ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos
APP – Área de Proteção Permanente
AVADAN – Avaliação de Danos
CBH – Comitê de Bacia Hidrográfica
CEDEC – Coordenadoria Estadual de Defesa Civil
CEIVAP – Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais
CENAD – Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres
CEPED / UFSC – Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil da Universidade Federal de Santa Catarina
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CMP – *Crisis Management Plan*
COBRADE – Codificação Brasileira de Desastres
COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CPRM – Serviço Geológico do Brasil
DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica
Datageo – Sistema Ambiental Paulista
DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito
DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral
DNRM – Department of Natural Resources and Mines
DPA – Dano Potencial Associado
DRM – Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro
EFCJ – Estrada de Ferro Campos do Jordão
EPPOs – Estudos, Planos, Projetos e Obras

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
FCA – Ferrovia Centro-Atlântica S.A.
Fe – Ferro
FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente
FIDE – Formulário de Informação de Desastre
GT – Grupo de Trabalho
GTAOH – Grupo de Trabalho Permanente de Acompanhamento da Operação Hidráulica na Bacia do Rio Paraíba do Sul
GTPGR – Grupo de Trabalho para Acompanhamento da Elaboração do Plano de Gerenciamento de Risco da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE-Sisema – Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
IG – Instituto Geológico
IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INAG – Instituto Nacional das Águas de Portugal
INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
INEA – Instituto Estadual do Ambiente
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
ISH – Índice de Segurança Hídrica
LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Mn – Manganês
NEA – Núcleo de Emergência Ambiental
NOPRED – Notificação Preliminar de Desastres
PAE – Plano de Ação de Emergência
PDDUs – Planos Diretores de Drenagem Urbana
PGC – Plano de Gerenciamento de Crises
PGR – Plano de Gerenciamento de Riscos
pH – potencial hidrogeniônico
PMRR – Plano Municipal de Redução de Risco
PNSB – Política Nacional de segurança de Barragens
PNSH – Plano Nacional de Segurança Hídrica
PSB – Plano de Segurança de Barragens
REDEC – Regionais de Defesa Civil

REINDESC – Registro de Inundações e Deslizamentos do Cemaden
RMSP – Região Metropolitana de São Paulo
S2ID – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres
SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SIDECE – Sistema Integrado de Defesa Civil
SIEMEC – Sistema de intervenções estruturais para mitigação dos efeitos de cheias nas bacias dos rios Muriaé e Pomba
SIG – Sistema de Informações Geográficas
SIGA-CEIVAP – Sistema de Informações Geográficas e Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
SIGBM – Sistema de Gestão de Segurança de Barragem de Mineração
SIGMINE – Sistema de Informações Geográficas da Mineração - SIGMINE.
SISPREC – Sistema de previsão de eventos críticos na bacia do Rio Paraíba do Sul
SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SNISB – Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens
U – Urânio
VMD – Volume Médio Diário

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Este documento técnico consiste no segundo produto do estudo em desenvolvimento para a Associação Pró-Gestão das Águas do Rio Paraíba do Sul – AGEVAP com vistas à elaboração do Plano de Gerenciamento de Riscos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

Como bem coloca o Termo de Referência de contratação do presente estudo, *a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul apresenta situações ou atividades de riscos que podem acarretar impactos negativos para o meio ambiente e população residente na bacia*. Nesse sentido, podem ser identificados impactos causados por atividades antrópicas e/ou por desastres naturais, citando alguns exemplos: (i) estiagens, prolongadas, (ii) cheias, (iii) contaminação por poluentes, (iv) rompimento de barragens e (v) intrusão salina.

Ainda segundo o Termo de Referência, a elaboração do Plano de Gerenciamento de Risco – PGR é necessária de forma a obter um diagnóstico das áreas com relação aos riscos, bem como o detalhamento das medidas necessárias para evitar e prevenir sua ocorrência ou agir em casos de situação de desastres que possam prejudicar o meio ambiente, impossibilitar o abastecimento de água da população e, principalmente, colocar em risco a vida das pessoas e animais residentes nas bacias.

E, ainda, destaca alguns problemas recentes de inundação na porção paulista da bacia provocados, na maior parte das vezes, por afluentes ao rio Paraíba do Sul, e na porção mineira e do Baixo Paraíba do Sul relacionadas a enchentes de caráter regional. Por outro lado, dentre os problemas relacionados à estiagem são ressaltadas as condições hidrometeorológicas adversas entre os anos de 2014 e 2016 que levaram a precipitações abaixo da média com impactos nos níveis de armazenamento dos reservatórios.

Este estudo vem sendo desenvolvido por meio do contrato nº 026/2020/AGEVAP, celebrado entre a AGEVAP e o Consórcio NKLac – Nippon Koei Lac do Brasil e REGEA – Geologia, Engenharia e Estudos Ambientais Ltda., e sua estrutura básica é apresentada no Fluxograma da Figura 1.1 realçando, em verde, as etapas já concluídas, incluindo esta cujos resultados são aqui apresentados.

Dessa forma, o Produto 1 apresentou o Plano de Trabalho Consolidado, com os estudos a serem realizados, métodos a serem utilizados, produtos a serem apresentados e a cronologia a ser adotada.

Este segundo produto tem o objetivo de apresentar os resultados dos estudos desenvolvidos de levantamento de dados e análise de interface com ferramentas e procedimentos existentes.

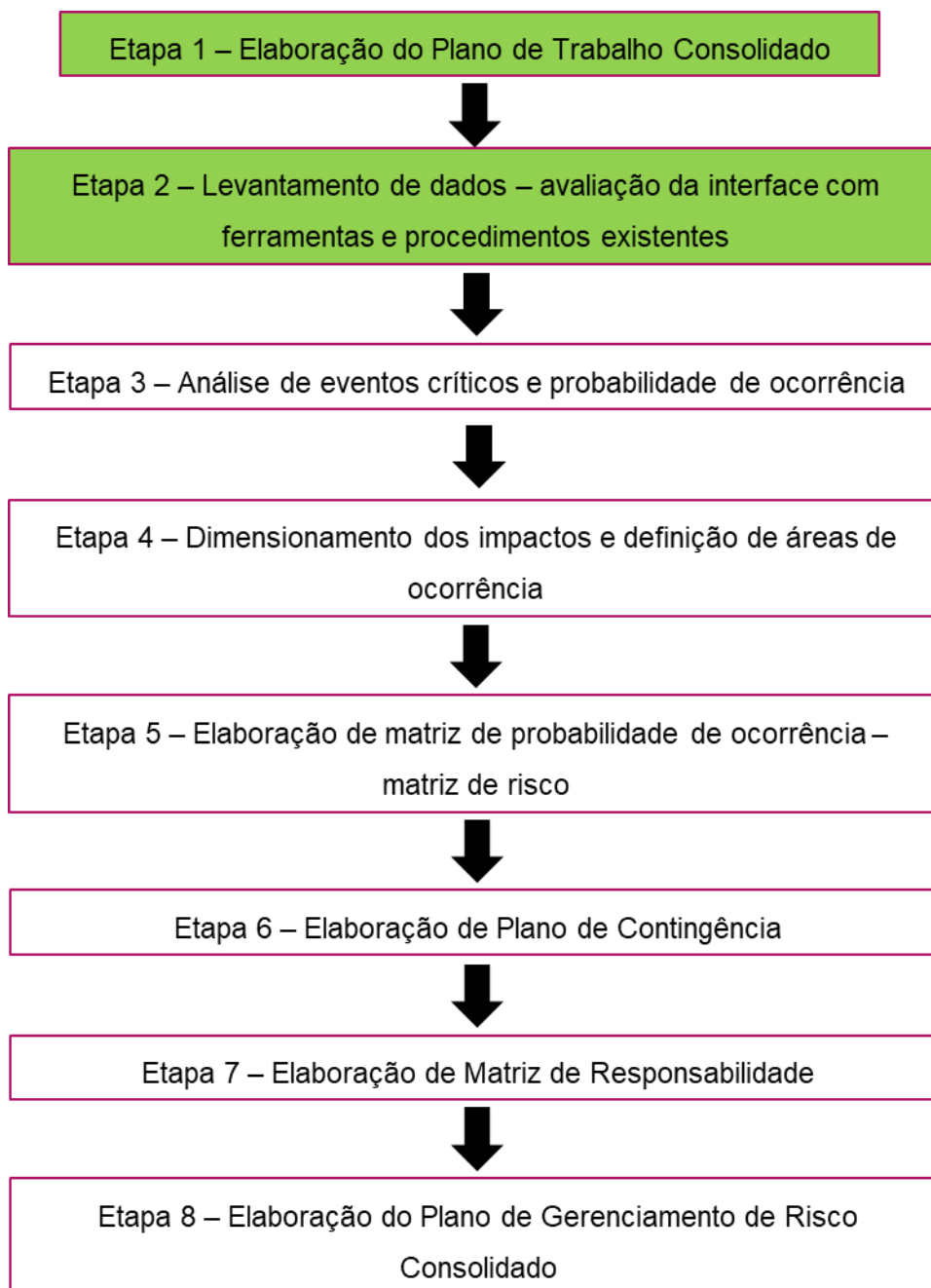


Figura 1.1 – Fluxo de Atividades Previstas para Execução.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio

2 METODOLOGIA DE TRABALHO

O presente produto teve como base metodológica o levantamento, descrição e tratamento prévio de dados secundários voltados aos acidentes naturais e tecnológicos, bem como possíveis agentes passivos e ativos de risco e suas respectivas localizações geográficas. Tem-se como referencial teórico de análise desses dados os conceitos de Evento, Probabilidade, Impacto, Vulnerabilidade, Mitigação e Contingência, os quais são necessários para uma análise de Risco, como indicado na Figura 2.1. Ressalta-se que a descrição de terminologia e de gestão de risco é apresentada em detalhe no Anexo 1.

Política Nacional (*)	Probabilidade de Ameaça	Consequência	Vulnerabilidade/ Gerenciamento	$R \sim P(A) \times C(V)/G$	
ISDR ONU	Perigo	Exposição	Vulnerabilidade	$R = P \times E \times V$	
ISO 31000	Fontes ou Evento (ocorrência)	Probabilidade	Consequência	$R = E \times P \times C$	
Risco	Evento	Consequência	Vulnerabilidade	$R = f(E, C, V)$	
ANA (**)	Risco	Categoria de risco	Dano potencial Associado	Matriz de classificação	

Figura 2.1 – Resumo de bases conceituais e de variáveis nas análises de risco, bem como a figura-síntese do risco, quando aplicado para desastres.

(*) - Metodologia para definição de riscos de desastres naturais (Brasil, 2007);

(**) - Matriz de classificação do Termo de Referência.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio

Com base nos conceitos expostos acima, foi realizado um levantamento extensivo de dados, estudos, sistemas e informações de órgãos responsáveis e ligados a bacia que serão pertinentes à presente análise preliminar de riscos existentes, resultando então em:

- (a) um inventário de ocorrências com quase 6.000 registros de acidentes naturais e tecnológicos ocorridos nos municípios da bacia do Paraíba do Sul desde a década de 1990 até os dias atuais, tendo como base a COBRADE – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres, Instrução Normativa nº 01, de 24/08/2012 do Ministério da Integração Nacional (Anexo 1);
- (b) banco de dados em formato SIG – Sistema de Informações Geográficas de empreendimentos receptores ou geradores de risco, *shapefiles* de características físicas da bacia e limites administrativos (municipais e estaduais);
- (c) produtos cartográficos temáticos;
- (d) organização espacial dos dados de empreendimentos para dar suporte a verificação de potenciais contaminações de drenagens; e, por fim,

(e) comparação com experiências semelhantes fora da área de estudo, as quais nortearão medidas mitigadoras que serão propostas nos próximos produtos deste Plano de Gerenciamento de Risco.

3 LEVANTAMENTO DE DADOS, ESTUDOS, SISTEMAS E INFORMAÇÕES RELEVANTES AO TRABALHO

Nesta etapa foram analisados estudos prévios realizados na bacia do rio Paraíba do Sul, exemplificando os estudos de PROFILL, 2018; PROFILL, 2020; ENGECORPS, 2020; dados de agentes responsáveis, como Defesa Civil Estadual, ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, entre outros; trabalhos científicos para descrição de eventos (*i.e.* GRAMANI, 2018), bases consolidadas de dados como IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais e Datageo – Sistema Ambiental Paulista para obtenção de dados SIG; e, por fim, sites oficiais como IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas, INEA – Instituto Estadual do Ambiente e Cetesb – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. A Figura 3.1 e o Quadro 3.1 listam os principais sites e bases de dados consultados nessa etapa. Além da pesquisa supracitada, outros dados foram obtidos por meio de informação verbal em reunião do GTPGR – Grupo de Trabalho para Acompanhamento da Elaboração do Plano de Gerenciamento de Risco da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, também através de formulário elaborado pelo Consórcio e disponibilizado *online* em formato *google doc* e requerimento por ofício de dados específicos às entidades responsáveis.

Consulta à base de dados: Sites oficiais

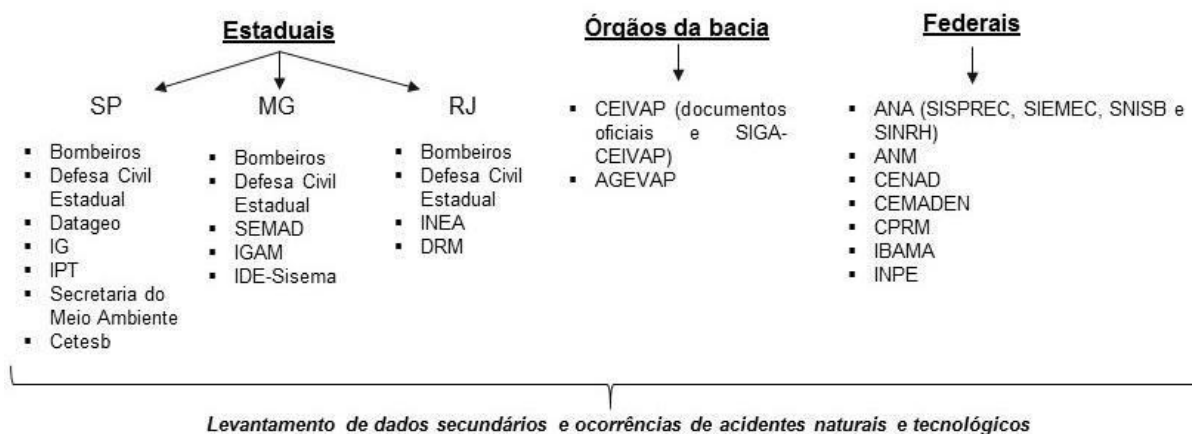


Figura 3.1 – Relação de entidades cujos sites foram consultados.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Quadro 3.1 – Principais bases de dados consultadas.

Base de dados	Tipo de evento analisado	Material Analisado	Atualização das informações
ANA	Barragens, Bacias Hidrográficas, BHO	Relatório de barragens 2019	2019
ANA / SNIRH	Outorgas	Estaduais e Federais.	2017 e 2021
AGEVAP	Acidentes tecnológicos	Plano de contingência para	2015

Base de dados	Tipo de evento analisado	Material Analisado	Atualização das informações
		abastecimento de água (Guandu) – Produtos 04 e 06	
ANEEL	Painel de monitoramento e consulta - classificação de Barragens	Relatórios anuais sobre a situação do PSB das barragens de aproveitamento hidrelétrico	2019
ANM/DNPM	Dados de mineração	Relatório de Barragens 2020; Barragens: Inserida na PNSB, Dano Potencial Associado, Categoria de Risco (CRI), Necessita de PAEBM, Classe e Nível de Emergência	2020
Artigos Científicos	Ocorrência de corridas de detritos, inundações e estiagens	GRAMANI, M. F. (2001); MORADEI, N. (2016), CAMPOS, J. T. (2011); OGURA e AUGUSTO FILHO (1991); OGURA e GRAMANI (2000); STERNBERG, H. O. (1949;)	*
CEIVAP	Vazão, IQA, Barragens, Abastecimento, Desastres Naturais	Relatórios técnicos 2018/2019 Tomo I: Finalizado; Tomo II: Finalizado; Produto Final 03: Finalizado Produto Parcial 06: Finalizado	1955 - 2017
CEPED UFSC	Movimentos de massa, inundação, enxurrada, estiagem e seca	Atlas de Desastres (Estados do RJ, MG e SP)	1991 - 2012
CENAD	Movimentos de massa, inundação, enxurrada, estiagem e seca	Anuário de desastres	2011 - 2013
CEMADEN	Movimentos de massa, inundação, enxurrada, estiagem e seca	Anuário de alertas (2013); Botetins trimestrais da sala de situação; REINDESC	2016 - 2021
CETESB	Dados de desastres tecnológicos	Sistema De Informações Sobre Emergências Químicas (SIEQ); Acidentes Ambientais 2014 - 2020	1978 - 2021
CPRM	Inundações e movimentos de massa	Cartas de suscetibilidade e setorização de risco	*
Datageo	Inundações, enxurradas, movimentos de massa e acidentes com produtos perigosos	Mapeamentos de áreas de risco, de acidentes e de suscetibilidade	*
Defesa Civil Estadual SP	Movimentos de massa, inundação, enxurrada, estiagem e seca	SIDEC - Mapeamentos de áreas de risco, de acidentes e de suscetibilidade	*
Defesa Civil Estadual MG	Movimentos de massa, inundação, enxurrada, estiagem e seca	Boletins diários; Cadastro de eventos	2005 - 2020
Defesa Civil Estadual RJ	Movimentos de massa, inundação, enxurrada, intrusão salina, estiagem e seca	PEM 2020	2020
DRM-RJ	Movimentos de massa e inundação	Cartas de risco iminente, Planos de	*

Base de dados	Tipo de evento analisado	Material Analisado	Atualização das informações
		Contingência e Relatório Anual	
IBAMA	Acidentes com produtos perigosos	Relatórios de acidentes naturais	2007 - 2019
IGAM	Outorgas	Outorgas de recursos hídricos	2015
INEA	Inundações, movimentos de massa, estiagem, intrusão salina, segurança de barragens, rompimento de aterros, liberação de produtos químicos nos sistemas de água potável, acidentes de produtos químicos e produtos perigosos	Diagnóstico de acidentes ambientais	1983 - 2016
IG	Movimentos de massa, inundação e enxurrada	Cadastro de eventos geodinâmicos	1993 - 2019
IPT	Movimentos de massa, inundação e enxurrada	Mapeamentos de suscetibilidade	*
SEMAD	Acidentes com produtos perigosos e histórico de empreendimentos licenciados	Comunicados de acidentes ambientais em Minas Gerais; Shape de empreendimentos licenciados	2012 - 2019
SISPREC	Inundações e enxurradas	R02 - Coleta de Dados; R04 - Sistematização das Informações sobre Atividades com Potencial de Risco Ambiental, Pontos Vulneráveis e Barramentos existentes; R05 - Estudo e Modelagem de Cheias, Previsão de Vazões e Estudos Relacionados (MAPAS DE RISCO); R06 - Relatório do Estudo de Ruptura de Barragens; R08 - Dimensionamento da Rede de Monitoramento de Eventos Críticos; RF01 - Relatório Final de Elaboração do SISPREC (material em PDF e SIG)	2012
SIEMEC	Intervenções na bacia do rio Paraíba do Sul	R30 - Relatório de Coleta de Dados e Reconhecimento de Campo; R31 - Relatório sobre o Papel dos Afluentes nas Cheias e Pontos Críticos para o SIEMEC; R32 - Relatório de Caracterização das Cheias e da Planície de Inundação R33 - Relatório sobre Locais Propícios para Implantação de Estruturas e Consolidação dos Critérios do SIEMEC RF34 - Relatório Final da Concepção Geral do SIEMEC RF35 - Relatório de Diretrizes para Detalhamento das Intervenções Previstas no SIEMEC	2012
SIGMINE	Dados de mineração	Shapefiles SP, MG e RJ	*

Base de dados	Tipo de evento analisado	Material Analisado	Atualização das informações
SNISB	Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens	Cadastro Nacional de Barragens	Última atualização (28/11/2020)
SNIRH	Inundação	Trechos inundáveis	*

Legenda: * materiais analisados que não apresentavam recorte temporal definido

Fonte: elaborado pelo Consórcio.

Cabe citar, de forma complementar, que estudos de suscetibilidade e de risco fornecem preciosas informações à gestão de riscos. Desta forma, no Quadro 3.2 apresenta-se a relação dos principais tipos de estudos identificados para análise de suscetibilidade e verificação de riscos quanto a processos hidrológicos e geológicos. Neste mesmo contexto, no Quadro 3.3 são listadas as barragens instaladas na bacia do rio Paraíba do Sul que possuem Plano de Ação de Emergência e Plano de Segurança de Barragens. Os trabalhos listados no Quadro 3.2 e no Quadro 3.3 fornecerão avaliações pertinentes aos produtos consequentes deste projeto.

Quadro 3.2 – Tipos de estudos relacionados à suscetibilidade e riscos a processos hidrológicos e geológicos dos municípios localizados na bacia do Rio Paraíba do Sul.

UF	Município	Tipo de mapeamento	Fonte/Ano
SP	Aparecida	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/SIDEC 2018
		Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão, solapamento, colapso e subsidência - v1	IG/CEDEC 2011
SP	Arapeí	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/SIDEC 2018
		Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações	IPT/CEDEC 2014
SP	Areias	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/SIDEC 2018
		Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações	IPT/CEDEC 2013
SP	Arujá	Mapeamento de áreas de risco a inundação e movimentos de massa em Arujá-SP	IG/SIDEC 2020
		Síntese dos setores de risco	IG/SIDEC 2020
SP	Bananal	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/CPRM 2018
		Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações	IPT/CEDEC 2013
SP	Caçapava	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	CPRM 2018
		Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão, solapamento, colapso e subsidência - v1;	IG / CEDEC 2012
SP	Cachoeira Paulista	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/SIDEC 2018

UF	Município	Tipo de mapeamento	Fonte/Ano
		Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações	IPT/CEDEC 2014
SP	Canas	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/SIDEC 2018
		Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações	IPT/CEDEC 2014
SP	Cruzeiro	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/SIDEC 2018
		Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações	IPT/CEDEC 2013
SP	Cunha	Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes, inundações e movimentos de massa	CPRM/CEDEC 2017
		Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/CPRM 2014
		Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes, inundações e movimentos de massa	CPRM/CEDEC 2012
SP	Guararema	Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa	CPRM 2012
		Mapeamento de áreas de risco a inundações e movimentos de massa em guararema	IG/SIDEC 2020
SP	Guarulhos	Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes, inundações e movimentos de massa	CPRM 2014
		Mapeamento de áreas de risco a inundações e movimentos de massa	IG/SIDEC 2020
SP	Guaratinguetá	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/CPRM 2014
		Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão, solapamento, colapso e subsidência - v1;	IG/CEDEC 2012
SP	Igaratá	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/CEDEC 2018
		Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações	IPT/CEDEC 2014
SP	Itaquaquetuba	PMRR – plano municipal de redução de riscos	Bocaina/SIDEC
		Mapeamento de áreas de risco a inundações e movimentos de massa	IG/SIDEC 2020
SP	Jacareí	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/CEDEC 2018
		PMRR – plano municipal de redução de riscos	Ministério das Cidades 2006
SP	Jambeiro	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/SIDEC 2018
		Mapeamento das áreas de riscos associados a escorregamentos	IG/CEDEC 2008
SP	Lagoinha	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/SIDEC 2018

UF	Município	Tipo de mapeamento	Fonte/Ano
		Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações	IPT/CEDEC 2014
SP	Lavrinhas	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/SIDEC 2018
		Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações	IPT/CEDEC 2013
SP	Lorena	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/SIDEC 2018
		Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações	IPT/CEDEC 2015
SP	Mogi das Cruzes	Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco de deslizamentos e inundações do município de Mogi das Cruzes	IPT/SIDEC 2013
		Mapeamento de áreas de risco a inundações e movimentos de massa	IG/SIDEC 2020
SP	Monteiro Lobato	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/CEDEC 2018
		Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações	IPT/CEDEC 2015
SP	Natividade da Serra	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/SIDEC 2018
		Mapeamento das áreas de riscos associados a escorregamentos e inundações	IG/CEDEC 2008
SP	Paraibuna	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/CPRM 2018
		Mapeamento das áreas de riscos associados a escorregamentos e inundações	IG/CEDEC 2008
SP	Pindamonhangaba	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	CPRM 2018
		Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão, solapamento, colapso e subsidência - v1;	IG/CEDEC 2012
SP	Piquete	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	CPRM 2018
		Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações	IPT/CEDEC 2018
SP	Potim	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	CPRM 2017
		Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações	IPT/CEDEC 2015
SP	Queluz	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/SIDEC 2018
		Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações	IPT/CEDEC 2013
SP	Redenção da Serra	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/SIDEC 2018
		Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão, solapamento, colapso e subsidência	IG/CEDEC 2012

UF	Município	Tipo de mapeamento	Fonte/Ano
SP	Roseira	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/SIDEC 2018
		Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão, solapamento, colapso e subsidência	IG/CEDEC 2011
SP	Santa Branca	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/CEDEC 2018
		Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações	IPT/CEDEC 2012
SP	Santa Isabel	Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações do município de Santa Isabel	IPT/SIDEC 2013
		Mapeamento de áreas de risco a inundações e movimentos de massa	IG/SIDEC 2020
SP	São José do Barreiro	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/SIDEC 2018
		Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações	IPT/CEDEC 2015
SP	São José dos Campos	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/CPRM 2014
		Mapeamento das áreas de riscos associados a escorregamentos e inundações	IPT/CEDEC 2005
SP	São Luiz do Paraitinga	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/CPRM 2014
		Mapeamento das áreas de riscos associados a escorregamentos e inundações	IG/CEDEC 2008
SP	Silveiras	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	IPT/SIDEC 2018
		Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações	IPT/CEDEC 2015
SP	Taubaté	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	CPRM 2018
		Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão, solapamento, colapso e subsidência - v1;	IG/CEDEC 2012
SP	Tremembé	Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão, solapamento, colapso e subsidência - v1;	IG/CEDEC 2012
MG	Além Paraíba	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: município de Além Paraíba - MG	CPRM 2014
		Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes, inundações e movimentos de massa: Além Paraíba, MG	CPRM 2012
MG	Antônio Prado de Minas	Setorização de áreas em alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e inundações: Antônio Prado de Minas, Minas Gerais	CPRM 2018
MG	Barbacena	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: município de Barbacena - MG	CPRM 2014
		Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Barbacena, MG	CPRM 2012

UF	Município	Tipo de mapeamento	Fonte/Ano
MG	Carangola	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Carangola - MG	CPRM 2014
		Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes: Carangola, MG	CPRM 2013
MG	Cataguases	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Cataguases - MG	CPRM 2014
		Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes: Cataguases, MG	CPRM 2012
MG	Chácara	Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Chácara, MG	CPRM 2014
MG	Divinésia	Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Divinésia, MG	CPRM 2013
MG	Dona Eusébia	Ação emergencial para reconhecimento de áreas em alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes: Dona Eusébia, MG	CPRM 2012
MG	Ervália	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Ervália - MG	CPRM 2014
		Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Ervália, MG	CPRM 2012
MG	Eugenópolis	Setorização de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e inundações: Eugenópolis, Minas Gerais	CPRM 2019
MG	Ewbank da Câmara	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Ewbank da Câmara - MG	CPRM 2014
		Ação emergencial para reconhecimento de áreas em alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes: Ewbank da Câmara, MG	CPRM 2012
MG	Guarani	Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchente e inundação: Guarani, MG	CPRM 2015
MG	Guidoval	Ação emergencial para reconhecimento de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Guidoval, MG	CPRM 2012
		Setorização de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e inundações: Guidoval, Minas Gerais	CPRM 2019
MG	Guiricema	Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes: Guiricema, MG	CPRM 2012
MG	Juiz de Fora	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Juiz de Fora - MG	CPRM 2014
		Setorização de áreas em alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e inundações: Juiz de Fora, MG	CPRM 2017
MG	Lima Duarte	Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchente e inundação: Lima Duarte, MG	CPRM 2015
MG	Matias Barbosa	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Matias Barbosa - MG	CPRM 2014

UF	Município	Tipo de mapeamento	Fonte/Ano
		Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Matias Barbosa, MG	CPRM 2012
MG	Miraí	Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes, inundações e movimentos de massa: Miraí, MG	CPRM 2014
MG	Muriaé	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Muriaé - MG	CPRM 2014
		Setorização de áreas em alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchente e inundações: Muriaé, Minas Gerais	CPRM 2020
MG	Passa-Vinte	Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Passa Vinte, MG	CPRM 2014
MG	Patrocínio do Muriaé	Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Patrocínio de Muriaé, MG	CPRM 2014
MG	Piau	Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Piau, MG	CPRM 2014
MG	Pirapetinga	Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Pirapetinga, MG	CPRM 2014
MG	Rochedo de Minas	Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Rochedo de Minas, MG	CPRM 2014
MG	Santos Dumont	Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes: Santos Dumont, MG	CPRM 2013
MG	São Geraldo	Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes, inundações e movimentos de massa: São Geraldo, MG	CPRM 2016
MG	São João Nepomuceno	Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: São João Nepomuceno, MG	CPRM 2014
MG	Ubá	Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Ubá, MG	CPRM 2012
MG	Visconde do Rio Branco	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Visconde do Rio Branco - MG	CPRM 204
		Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Visconde do Rio Branco, MG	CPRM 2012
RJ	Aperibé	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Aperibé - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	Thalweg/ CPRM 2012
RJ	Areal	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Areal - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2011

UF	Município	Tipo de mapeamento	Fonte/Ano
RJ	Barra do Pirai	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Barra do Pirai - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	DRM 2016
RJ	Barra Mansa	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Barra Mansa - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	DRM 2016
RJ	Bom Jardim	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Bom Jardim - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2011
RJ	Cambuci	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Cambuci, RJ	CPRM 2019
		Carta de Risco Iminente	Thalweg/DRM 2011
RJ	Campos dos Goytacazes	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Campos dos Goytacazes - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	Thalweg/DRM 2012
RJ	Cantagalo	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: Cantagalo - RJ	CPRM 2017
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2012
		Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massas e enchentes: Cantagalo, Rio de Janeiro	CPRM 2012
RJ	Carapebus	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Carapebus, RJ	CPRM 2019
RJ	Cardoso Moreira	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Cardoso Moreira - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	Thalweg/DRM 2012
RJ	Carmo	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Carmo, RJ	CPRM 2018
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2012
RJ	Comendador Levy Gasparian	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Comendador Levy Gasparian, RJ	CPRM 2017
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2012
RJ	Conceição de Macabu	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Conceição de Macabu, RJ	CPRM 2018
		Carta de Risco Iminente	Thalweg/DRM 2013
RJ	Cordeiro	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Cordeiro - RJ	CPRM 2017
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2012
RJ	Duas Barras	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Duas Barras - RJ	CPRM 2017

UF	Município	Tipo de mapeamento	Fonte/Ano
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2012
RJ	Engenheiro Paulo de Frontin	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Engenheiro Paulo de Frontin - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	DRM 2016
RJ	Italva	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Italva, RJ	CPRM 2020
		Carta de Risco Iminente	Thalweg/DRM 2012
RJ	Itaocara	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Itaocara, RJ	CPRM 2018
		Carta de Risco Iminente	Thalweg/DRM 2012
RJ	Itaperuna	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Itaperuna - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	Thalweg/DRM 2012
RJ	Itatiaia	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Itatiaia - RJ	CPRM 2016
		Carta de Risco Iminente	DRM 2016
RJ	Laje do Muriaé	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Laje do Muriaé - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	Thalweg/DRM 2012
RJ	Macuco	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Macuco - RJ	CPRM 2017
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2012
RJ	Mendes	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Mendes - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	DRM 2016
RJ	Miguel Pereira	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Miguel Pereira, RJ	CPRM 2017
		Carta de Risco Iminente	DRM 2016
RJ	Miracema	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Miracema - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	Thalweg/DRM 2012
RJ	Natividade	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Natividade, RJ	CPRM 2020
		Carta de Risco Iminente	Thalweg/DRM 2012
RJ	Nova Friburgo	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Nova Friburgo - RJ	CPRM 2015
		Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Nova Friburgo, RJ	CPRM 2012

UF	Município	Tipo de mapeamento	Fonte/Ano
RJ	Paraíba do Sul	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Paraíba do Sul, RJ	CPRM 2017
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2012
RJ	Paty do Alferes	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Paty do Alferes, RJ	CPRM 2017
		Carta de Risco Iminente	DRM 2016
RJ	Petrópolis	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Petrópolis - RJ	CPRM 2016
RJ	Pinheiral	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Pinheiral, RJ	CPRM 2017
		Carta de Risco Iminente	Thalweg/DRM 2013
RJ	Piraí	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Piraí - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2011
RJ	Porciúncula	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Porciúncula - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	Thalweg 2012
RJ	Porto Real	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Porto Real, RJ	CPRM 2017
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2013
RJ	Quatis	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Quatis, RJ	CPRM 2017
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2013
RJ	Quissamã	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Quissamã, RJ	CPRM 2020
RJ	Resende	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Resende - RJ	CPRM 2016
		Carta de Risco Iminente	DRM 2016
RJ	Rio Claro	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Rio Claro, RJ	CPRM 2019
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2011
RJ	Rio das Flores	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Rio das Flores, RJ	CPRM 2017
		Carta de Risco Iminente	Regea/DM 2012
RJ	Santa Maria Madalena	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Santa Maria Madalena - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2012
		Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massas e enchentes: Santa Maria Madalena, RJ	CPRM 2012

UF	Município	Tipo de mapeamento	Fonte/Ano
RJ	Santo Antônio de Pádua	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Santo Antônio de Pádua - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	Thalweg/DRM 2012
RJ	Sapucaia	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Sapucaia - RJ	CPRM 2015
RJ	Sumidouro	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Sumidouro - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2011
		Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massas e enchentes: Sumidouro, RJ	CPRM 2012
RJ	São Fidélis	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de São Fidélis, RJ	CPRM 2020
		Carta de Risco Iminente	Thalweg/DRM 2012
RJ	São Francisco de Itabapoana	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de São Francisco de Itabapoana - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	Thalweg/DRM 2012
RJ	São José de Ubá	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de São José de Ubá, RJ	CPRM 2019
		Carta de Risco Iminente	Thalweg/DRM 2012
RJ	São José do Vale do Rio Preto	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de São José do Vale do Rio Preto - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2011
RJ	São João da Barra	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de São João da Barra, RJ	CPRM 2020
		Carta de Risco Iminente	Thalweg/DRM 2012
RJ	São Sebastião do Alto	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de São Sebastião do Alto, RJ	CPRM 2017
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2012
RJ	Teresópolis	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Teresópolis - RJ	CPRM 2015
RJ	Trajano de Moraes	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Trajano de Moraes, RJ	CPRM 2020
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2012
RJ	Três Rios	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Três Rios - RJ	CPRM 2017
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2012
RJ	Vassouras	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: Vassouras, RJ	CPRM 2017
		Carta de Risco Iminente	DRM 2016

UF	Município	Tipo de mapeamento	Fonte/Ano
RJ	Valença	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Valença - RJ	CPRM 2015
		Carta de Risco Iminente	Regea/DRM 2012
RJ	Varre-Sai	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Varre-Sai, RJ	CPRM 2017
		Carta de Risco Iminente	Thalweg/DRM 2012
RJ	Volta Redonda	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Volta Redonda, RJ	CPRM 2017
		Carta de Risco Iminente	Thalweg/DRM 2013

Fonte: elaborado pelo Consórcio.

Quadro 3.3 – Barragens instaladas na bacia do rio Paraíba do Sul que possuem PAE (Plano de Ação de Emergência) e PSB (Plano de Segurança de Barragens) e suas respectivas categorias de risco e dano potencial associado.

UF	Município	Nome da Barragem	Uso Principal	Categoria de Risco	Dano Potencial Associado
MG	Guiricema	Ervália	Hidroelétrica	Baixo	Baixo
MG	Guarani	Barragem Ivan Botelho II	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Santos Dumont	Barragem Principal	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Astolfo Dutra	Ze Tunin (antiga Barra dos Carrapatos)	Hidroelétrica	Baixo	Alto
SP	Queluz	Barramento da PCH Queluz	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Juiz de Fora	Barragem Da Pedra	Contenção de resíduos industriais	Não Classificado	Não Classificado
RJ	Porciúncula	Dique Sul	Hidroelétrica	Baixo	Alto
SP	São José Dos Campos	Dique 1	Hidroelétrica	Baixo	Alto
RJ	Carmo	Ilha dos Pombos	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Recreio	Barragem de Barra do Brauna	Hidroelétrica	Baixo	Alto
RJ	São Sebastião Do Alto	Barragem Caju	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Juiz de Fora	Picada	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Chiador	Pereira Passos	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Muriaé	Barragem da PCH Glória	Hidroelétrica	Baixo	Alto
RJ	Carmo	Tomada d'água	Hidroelétrica	Baixo	Alto
SP	Paraibuna	Dique de Paraitinga	Hidroelétrica	Baixo	Alto
SP	Paraibuna	Dique 1	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Juiz de fora	Marmelos	Hidroelétrica	Baixo	Baixo
MG	Chiador	Vigário	Hidroelétrica	Baixo	Alto

UF	Município	Nome da Barragem	Uso Principal	Categoria de Risco	Dano Potencial Associado
MG	Itamarati de Minas	Itamarati De Minas	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto
MG	Matias Barbosa	Paciência	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Chiador	Dique 2	Hidroelétrica	Baixo	Alto
RJ	Carmo	Ilha dos Pombos	Hidroelétrica	Baixo	Alto
SP	Paraibuna	Barragem Principal de Terra	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Chiador	Estrutura de Descarga	Hidroelétrica	Baixo	Alto
SP	Paraibuna	Dique 4	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Guarani	Barragem Ivan Botelho I	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Simão Pereira	Sobragi	Hidroelétrica	Baixo	Médio
SP	Paraibuna	Dique Margem Esquerda	Hidroelétrica	Baixo	Alto
RJ	Carapebus*	GLN-09-Barragem da Captação da ETA Carapebus na Lagoa da Maricota	Abastecimento humano	Médio	Alto
RJ	Quatis	Barragem De Rejeitos	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto
SP	Santa Branca	Santa Branca	Hidroelétrica	Baixo	Alto
RJ	Petrópolis	Condomínio Boca do Mato	Aquicultura	Baixo	Baixo
MG	Rosário da Limeira	Coronel Domiciano	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Rio Preto	Tócos	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Chiador	Cacaria I	Hidroelétrica	Baixo	Alto
RJ	Rio claro	Tócos	Hidroelétrica	Baixo	Alto
SP	Paraibuna	Dique 2	Hidroelétrica	Baixo	Alto
SP	Paraibuna	Dique 5	Hidroelétrica	Baixo	Alto
SP	Queluz	Barragem Queluz / Dique Norte	Hidroelétrica	Baixo	Alto
RJ	Santa Maria Madalena	São Sebastião do Alto	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Chiador	Terzaghi	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Chiador	Barragem do Rio Paraibuna (vertente)	Hidroelétrica	Baixo	Alto
SP	Paraibuna	Dique 3	Hidroelétrica	Baixo	Alto
RJ	Petrópolis	Pinheiral	Abastecimento humano	Baixo	Alto
RJ	Nova Friburgo	Debossan	Abastecimento humano	Alto	Alto
RJ	Bom Jardim	Principal	Hidroelétrica	Baixo	Alto
RJ	Santa Maria Madalena	Dique Tocaia	Hidroelétrica	Baixo	Alto

UF	Município	Nome da Barragem	Uso Principal	Categoria de Risco	Dano Potencial Associado
RJ	Comendador Levy Gasparian	Barragem de Concreto	Hidroelétrica	Baixo	Alto
SP	Santa Isabel	Barramento Do Lago 1	Industrial	Baixo	Alto
MG	Muriaé	Barragem Ormeo Juqueira Botelho	Hidroelétrica	Baixo	Alto
RJ	Porciúncula	Dique Estaca 2	Hidroelétrica	Baixo	Alto
RJ	Porciúncula	Dique Lourçal 1	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Santos Dumont	Barragem secundária	Hidroelétrica	Baixo	Baixo
RJ	Trajano de Moraes	Barragem de Macabu	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Rio Preto	Barragem de Funil	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Miraí	Barragem bom jardim	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto
MG	Juiz de Fora	Barragem dos peixes	Contenção de resíduos industriais	Não Classificado	Não Classificado
RJ	Bom Jardim	Barragem Santo Antônio	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Chiador	Lajes	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Astolfo Dutra	Barragem Ivan Botelho III	Hidroelétrica	Baixo	Alto
RJ	São José Do Vale Do Rio Preto	Barragem de Areal	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Rio Preto	Dique de Nhangapi	Hidroelétrica	Baixo	Alto
RJ	Porciúncula	Dique Antonina	Hidroelétrica	Baixo	Alto
RJ	Porciúncula	Dique Norte	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Chiador	Estrutura de Controle	Hidroelétrica	Baixo	Baixo
MG	Itamarati de Minas	Barragem da PCH Nova Maurício	Hidroelétrica	Baixo	Alto
SP	São José Dos Campos	Barragem Principal	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Juiz de Fora	Joasal	Hidroelétrica	Baixo	Baixo
MG	Chiador	Dique IV	Hidroelétrica	Baixo	Alto
RJ	Porciúncula	Dique Lourçal 2	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Chiador	Dique 1	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Simão Pereira	Dique de Proteção Ferrovia	Hidroelétrica	Baixo	Baixo
RJ	Miguel Pereira	Barragem de Javary	Proteção do meio ambiente	Médio	Alto
MG	Santos Dumont	Piau	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Chiador	Barragem de Anta	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Chiador	Paracambi	Hidroelétrica	Baixo	Alto
RJ	Porciúncula	Dique Estaca 1	Hidroelétrica	Baixo	Alto
SP	São José Dos Campos	Dique Margem Direita	Hidroelétrica	Baixo	Alto

UF	Município	Nome da Barragem	Uso Principal	Categoria de Risco	Dano Potencial Associado
MG	Miraí	Miraí	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto
MG	Rio Preto	Barragem da PCH Mello	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Chiador	Barragem Principal	Hidroelétrica	Baixo	Alto
MG	Chiador	Paracambi	Hidroelétrica	Baixo	Alto

* Carapebus-RJ é o único município do quadro que possui PAE, mas não possui PSB

Todas as outras barragens instaladas na bacia do rio Paraíba do Sul e que não aparecem no quadro acima não possuem PAE.

Fonte: SNISB (Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens). Última atualização 08/03/2021 às 10h32min

3.1 Inventário de Ocorrências

Dentre os resultados parciais obtidos, apresenta-se, primeiramente, o inventário de ocorrências, o qual corresponde também ao cadastro de eventos descrito no Produto 01, tornando-se um subproduto único. O inventário em questão é apresentado de forma completa no Anexo Digital 1 deste documento, sendo identificados os eventos, seus fatores (causas) e suas consequências de acidentes naturais e tecnológicos codificados pela COBRADE.

As categorias de acidentes selecionadas tiveram como respaldo a capacidade de impacto em uma bacia hidrográfica da proporção da bacia do Paraíba do Sul, assim como acidentes plausíveis de mensuração de evolução e impactos a curto e médio prazo, possibilitando a elaboração de medidas mitigadoras e de contenção. O Quadro 3.4 lista as categorias de acidentes que foram selecionadas para essa análise. Contudo, devido ao grande número de ocorrências, com predominância de pequenos escorregamentos isolados, na próxima etapa será realizado o detalhamento das análises com foco em agrupar esses registros de forma a identificar grandes eventos de escorregamento, significativos ao comprometimento dos recursos hídricos na bacia.

Quadro 3.4 – Categorias de acidentes naturais e tecnológicos da COBRADE selecionadas para levantamento de ocorrências.

Naturais	Acidentes
	Inundação e Cheia
	Enxurrada
	Intrusão Salina
	Estiagem
	Corridas de Massa: Solo/Lama
	Deslizamentos
	Tecnológicos
Rompimento de barragens	
Liberação de produtos químicos nos sistemas de água potável	
Derramamento de produtos químicos em ambiente fluvial	
Desastres relacionados a transporte de produtos perigosos (rodoviário, ferroviário e dutoviário)	
Rompimento de aterro e lixões	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Os dados que compõem o inventário possuem origens distintas. Parte dos documentos analisados são oficiais, como Decretos de Situação de Emergência ou de Calamidade Pública, FIDE – Formulário de Informação de Desastre, AVADAN – Avaliação de Danos, NOPRED – Notificação Preliminar de Desastre e Comunicado de Acidente Ambiental, os quais foram obtidos por meio do S2ID – Sistema Integrado de Informação sobre Desastres, registros de defesa e proteção civil e secretarias e autarquias de meio ambiente estaduais. A segunda parte dos registros é advinda de órgãos responsáveis, como IG – Instituto Geológico, que disponibilizou seu cadastro de eventos geodinâmicos, e o CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, que disponibilizou o REINDESC – Registro de Inundações e Deslizamentos do CEMADEN. Nesse grupo ainda são incluídos os relatórios técnicos sendo, em sua maioria, de autoria de consultorias ambientais e de recursos hídricos. Por fim, o terceiro grupo de dados é advindo de fontes não oficiais, mas de relevância, sendo então composto por trabalhos acadêmicos (teses, dissertações e artigos científicos), imprensa, relato verbal em reunião do GTPGR e preenchimento do formulário elaborado pelo Consórcio. Dentre os trabalhos acadêmicos, destaca-se o uso do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (UFSC, 2012), o qual lista diversas ocorrências dos três estados de abrangência da bacia de estudo, utilizando-se de dados oficiais.

O inventário foi composto por diversas colunas temáticas, as quais pode-se agrupar em grandes grupos, sendo: dados básicos da ocorrência (como dia, local e descrição), fonte do

dado, referências geográficas, impactos ambientais e impactos socioeconômicos. Ressalta-se que nem toda fonte de dados possui as diversas informações citadas acima.

As ocorrências foram, em seguida, analisadas e qualificadas por grau de confiabilidade, o qual trata da precisão de suas coordenadas geográficas. Alguns acidentes possuem as coordenadas precisas, sendo então atribuído a eles o grau de confiabilidade 1. No outro extremo, as ocorrências que possuem apenas o município como localização, não indicando o local preciso, são atribuídas como grau de confiabilidade 4. Tal procedimento teve como objetivo a espacialização, em formato *shapefile*, de todas as ocorrências listadas no inventário, para assim ser possível uma análise cartográfica dos dados, atribuindo-os às regiões hidrográficas e delimitando áreas suscetíveis aos processos de análise.

Com isso, o inventário resultou em dois produtos, sendo, uma planilha completa de descrição das ocorrências, organizadas com base na COBRADE, e um arquivo SIG, no formato *shapefile* com tabela de atributos, que possibilita a espacialização dos acidentes na bacia.

3.2 Banco de Dados SIG

O banco de dados foi elaborado a partir de materiais coletados de duas formas: download por meio de sistemas oficiais como SIGA-CEIVAP, ANA, INDE, IDE-Sisema e outros indicados na Figura 3.1 e transformação de planilhas excel (*i.e.* SNISB – Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens), com dados atrelados aos seus endereços ou coordenadas, para formato *shapefile*. Tais bases foram pertinentes à espacialização de atores causadores ou receptores de risco na bacia. Em suma, foram cinco grupos de dados analisados: empreendimentos em geral, outorgas de usuários de água, aproveitamentos hidráulicos, áreas urbanas e malhas ferroviária e rodoviária.

Os empreendimentos em análise, públicos ou privados, são aqueles que possuem relação direta ou indireta com recursos hídricos, ou seja, dependem da captação de água da bacia ou lançam efluentes e/ou rejeitos na mesma. Nesse grupo pode-se citar como exemplo mineradoras, indústrias químicas e alimentícias. No mesmo sentido, tem-se as outorgas e cadastro de usuários, os quais, dentre os diversos usos listados, incluem os sistemas de saneamento, abastecimento e esgotamento que, uma vez afetados por um evento extremo, podem comprometer o abastecimento de cidades e afetar milhares de pessoas.

Os dados de empreendimentos foram obtidos por meio dos registros de licenças concedidas da Cetesb, INEA e SEMAD – Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e com a complementação dos dados de ETes – Estações de Tratamento de Esgotos advindos do Atlas Esgotos da ANA de 2017, que será tratado individualmente. A base de empreendimentos da Cetesb teve como recorte temporal os anos de 2016 a 2020, sendo que os registros anteriores disponíveis no site não especificavam a categoria de atividade, impossibilitando seu uso. Já a base do SEMAD refere-se aos empreendimentos licenciados no ano de 2019 e a base do INEA não apresenta o ano, mas refere-se à base disponibilizada no banco de dados do INDE em 2020. Neste primeiro momento, os dados são apresentados de maneira geral, sem distinção de categorias de atividade.

No grupo dos aproveitamentos hidráulicos encontram-se as barragens, dentre elas, as de abastecimento público, de rejeitos, regularização de vazões, irrigação, entre outras. Essas obras são potenciais geradoras de risco por meio de rompimentos, individuais ou em cascata,

o que pode causar danos expressivos ao abastecimento público, à qualidade da água, ao meio físico e à integridade física da população. Por outro lado, em alguns casos as barragens podem atenuar os efeitos adversos de cheias.

O levantamento da malha rodoviária e ferroviária se faz pertinente para delimitação de eixos primordiais em relação ao transporte de produtos potencialmente poluentes. Dessa forma, aliada com dados de fluxos e de boletins de acidentes com cargas perigosas, é possível delimitar classes de risco de contaminação de corpos d'água por meio de acidentes rodoviários e ferroviários, o que será detalhado mais à frente. Além disso, volta-se a atenção também para as dutovias, as quais possuem fluxo contínuo, diferentemente das anteriores, mas que quando rompidas também podem causar contaminação dos corpos hídricos e interrupção do abastecimento.

Por fim, os dados das áreas urbanas subsidiam análises de impactos de sua expansão nos recursos hídricos e também de seus riscos geológicos e hidrológicos associados. Dentro desse grupo pode-se citar os dados de áreas contaminadas e locais de disposição de resíduos (lixões e aterros), bem como os mapeamentos de moradias irregulares às margens dos rios e em encostas impróprias para ocupação humana.

Os diversos empreendimentos acima apresentados podem ser considerados conforme seu papel ou comportamento quanto ao risco: se comportam como atores ativos, ou seja, protagonistas do risco ou, por outro lado, se comportam de forma passiva, sofrendo as consequências da manifestação de um risco. O Quadro 3.5 apresenta essa análise mostrando que há empreendimentos que podem se manifestar como risco (papel ativo) como sofrer as consequências (papel passivo), mas também podem ter potencialmente os dois papéis.

Quadro 3.5 – Dados SIG coletados dos tipos de empreendimentos e seus respectivos papéis potenciais quanto ao risco.

Dados SIG	Papel potencial quanto ao risco
Aproveitamentos Hidráulicos	Ativo e Passivo
Áreas Contaminadas	Ativo
Barragens Hidráulicas e de Rejeito	Ativo e Passivo
Centrais Hidrelétricas	Ativo e Passivo
ETA	Passivo
ETE	Ativo
Extração Mineral	Ativo
Indústrias	Ativo e Passivo
Lixões e Aterros Sanitários	Ativo
Outorgas de Captação	Passivo
Outorgas de Lançamento	Ativo
Pontos de captação de água	Passivo

Dados SIG	Papel potencial quanto ao risco
Reservatórios de abastecimento público	Passivo
Rodovias, Ferrovias e Dutovias	Ativo e Passivo
Sedes Municipais	Ativo e Passivo

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Junto a esses dados foram consideradas as informações georreferenciadas que auxiliarão na análise integrada, sendo dados de uso e ocupação do solo, zonas fisiográficas, Áreas de Preservação Permanente – APP e mapeamentos de suscetibilidade à inundação e movimentos de massa. Todos os dados foram sistematizados para uso em momento oportuno ao longo do projeto.

Os primeiros tratamentos realizados em todos os dados SIG foram: redefinição de DATUM, deixando todos em SIRGAS 2000, e recorte dos dados a partir do limite da bacia hidrográfica. Após isso, os dados foram agrupados conforme suas categorias, por meio do tratamento de suas tabelas de atributos com as ferramentas *identify* e *spatial join* do ArcGIS. Com isso, foram agrupadas as diversas bases de mesma temática e diferentes fontes em uma base única tendo como título a sua categoria, como por exemplo, a base de áreas contaminadas, abrangendo os três estados e que possui também as informações de aterros e lixões, o que facilita a elaboração dos produtos cartográficos.

Depois dos tratamentos indicados anteriormente, os dados foram espacializados a fim de reconhecer a distribuição ao longo da bacia e identificar locais com maior número de informações e locais com déficit, bem como trechos com maiores riscos.

Para as análises de outorgas, inicialmente recorreu-se a dados de órgãos estaduais e federais a fim de obter o melhor detalhamento. Contudo, houve uma discrepância na concentração de dados, pois os estados de Minas Gerais e São Paulo apresentaram bases atuais e detalhadas, ao passo que o estado do Rio de Janeiro apresentou uma base menos detalhada. Por outro lado, as bases de outorgas estaduais de São Paulo e Minas Gerais, disponíveis no site do CEIVAP, não apresentam coordenadas, inviabilizando o uso para análises espaciais.

Dito isso, foi necessário recorrer a um compilado consagrado para homogeneizar os dados e, conseqüentemente, as análises. Então, a base utilizada refere-se ao registro de outorgas por UF – Unidade da Federação do SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, com sua última atualização em julho de 2017. Apesar de serem dados um pouco mais antigos, tal escolha fez com que os dados estaduais ficassem mais homogêneos. Por outro lado, o mesmo não ocorreu para os dados de outorgas de águas de domínio da União, uma vez que esses dados são constantemente atualizados pelo SNIRH e puderam ser utilizados sem restrições.

Percebe-se, então, que para as outorgas estaduais há uma concentração no CBH Paraíba do Sul, tendo destaque para as finalidades de abastecimento urbano/rural e indústria (Figura 3.2). Em seguida aparece o CBH dos afluentes mineiros dos Rios Pomba e Muriaé, tendo, principalmente, elevados números de usos industriais, mineração e abastecimento urbano/rural. Para as outorgas federais destacam-se o CBH Médio Paraíba do Sul e CBH Paraíba do Sul, com 634 e 633 outorgas, respectivamente, tendo em ambas predomínio de outorgas de lançamento (Figura 3.3).

Complementarmente, os dados de vazões das outorgas estaduais apresentam um volume desproporcional ao número de outorgas por CBH (Figura 3.4). Percebe-se isso pelo elevado valor de vazão outorgada para a região de abrangência do CBH Paraíba do Sul, com vazão bastante superior ao restante.

No caso das outorgas de águas de domínio da União, apresentam maior concentração em termos de vazões autorizadas na área de abrangência do CBH Médio Paraíba do Sul e, em seguida, no CBH Paraíba do Sul (Figura 3.5).

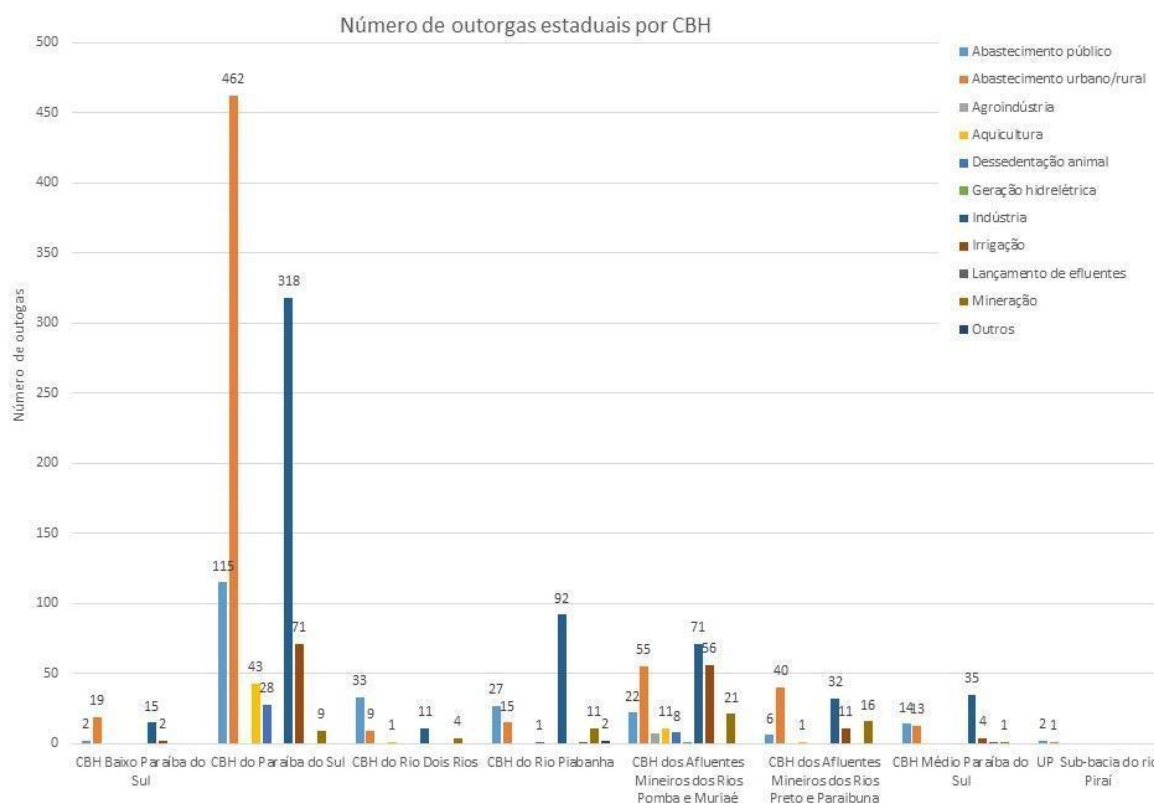


Figura 3.2 – Distribuição dos dados de outorgas estaduais por região hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

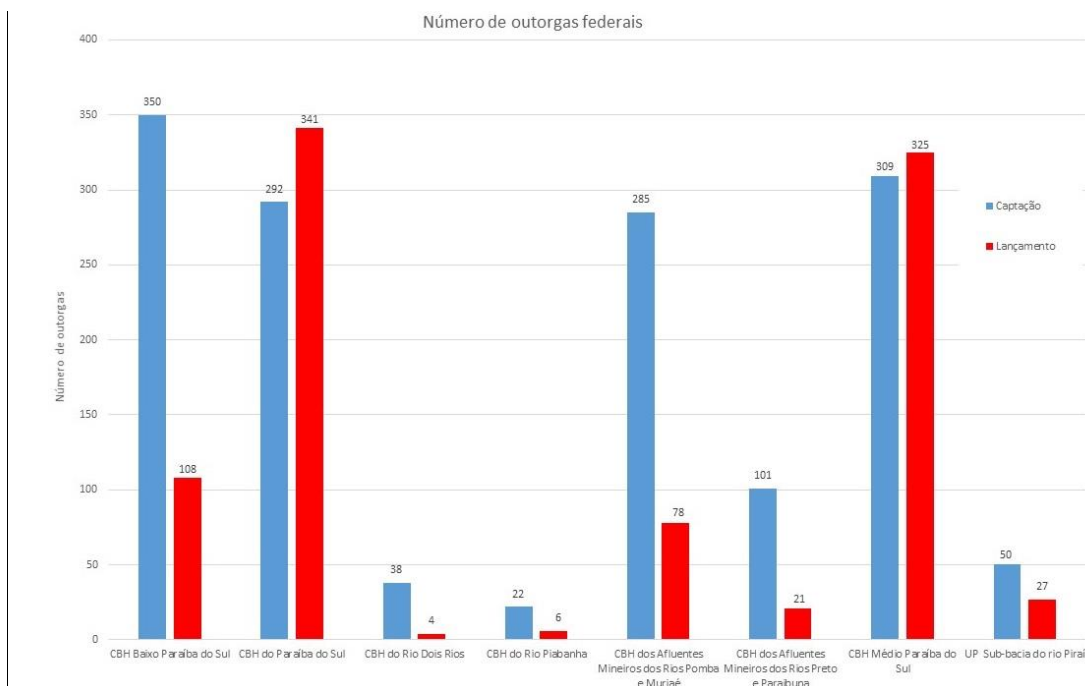


Figura 3.3 – Distribuição dos dados de outorgas federais por região hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

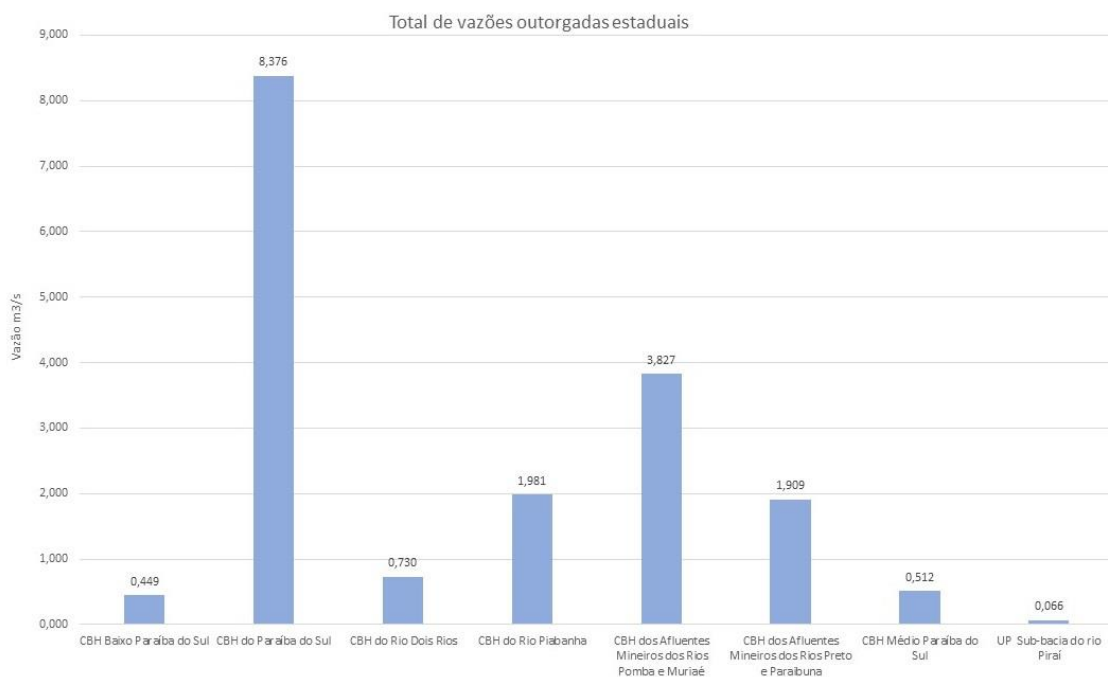


Figura 3.4 – Média anual de vazões de outorgas estaduais por região hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

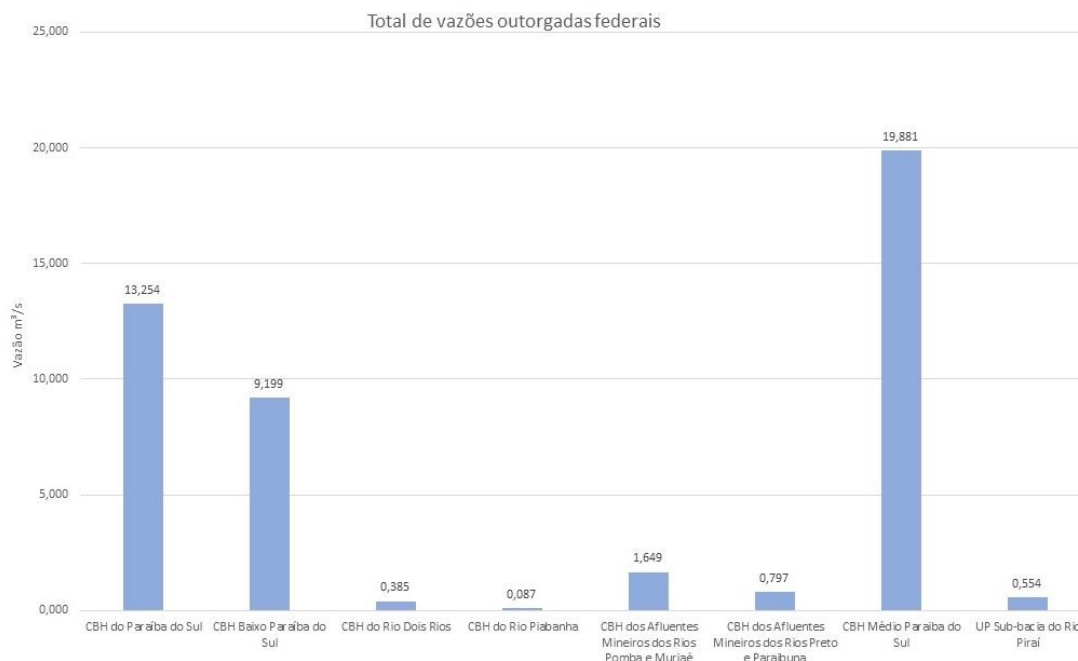


Figura 3.5 – Média anual de vazões de outorgas federais por região hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

A espacialização dos dados de empreendimentos mostrou que os empreendimentos diversos concentram-se nos CBHs do Paraíba do Sul e dos afluentes mineiros dos rios Pomba e Muriaé (Figura 3.6). Por outro lado, a espacialização das ETEs mostra predomínio na CBH do Médio Paraíba do Sul (Figura 3.7).

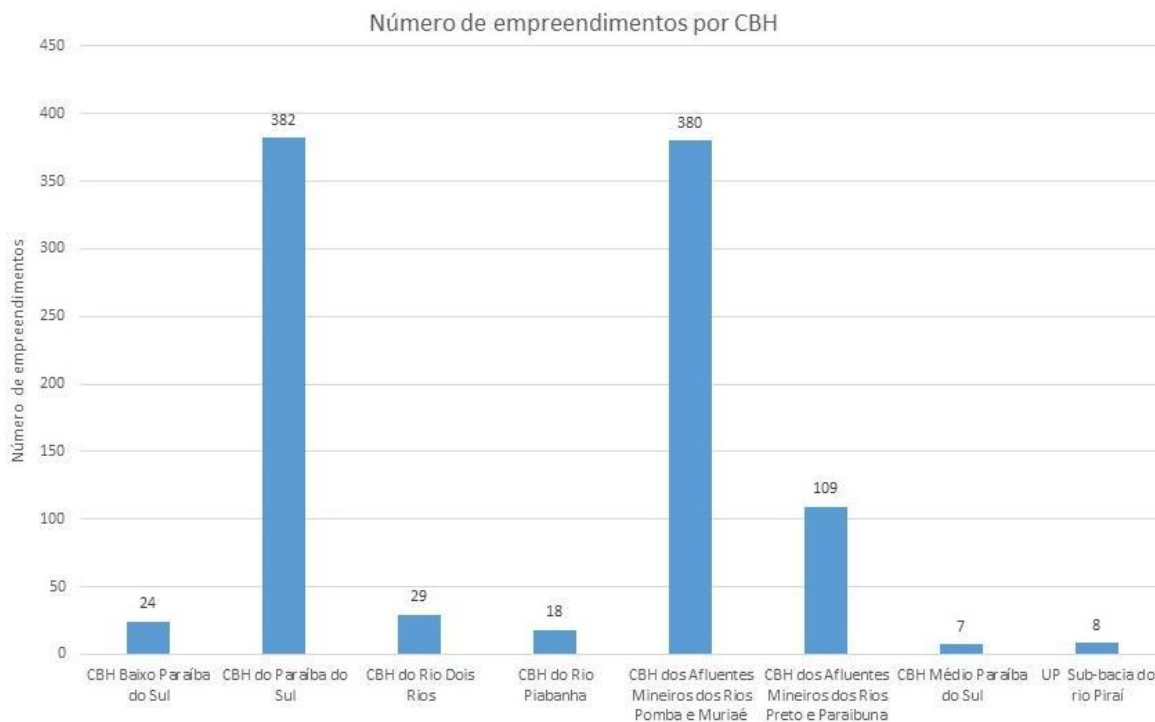


Figura 3.6 – Distribuição dos dados de empreendimentos licenciados por região hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.



Figura 3.7 – Distribuição das ETEs por região hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Os dados de barragens levantados até o momento são provenientes das bases DAEE, FEAM, ANM, ANEEL, SNISB e SNIRH e, sendo assim, a legenda representada no gráfico é relativa a essas bases. A junção de tais dados mostrou uma concentração no estado de São Paulo, tendo então destaque para a CBH Paraíba do Sul (Figura 3.8). A categoria que prevalece nessa região hidrográfica é a de “Barramento” que se refere à uma barragem sem dado especificado de uso, apenas de material construtivo, seguida pela categoria de usos privados. Para os trechos de Minas Gerais e do Rio de Janeiro os dados são notoriamente menores. Juntamente a isso, a análise espacializada dos dados do SNISB indicou que o CBH do Afluente Mineiro dos Rios Pomba e Muriaé possui a maior concentração de barragens em baixo risco de rompimento (21), juntamente com o maior número de barragens em alto risco de rompimento (5) (Figura 3.9). Em contrapartida, a região da Sub-bacia do Rio Pirai apresenta apenas barragens com baixo risco de rompimento.

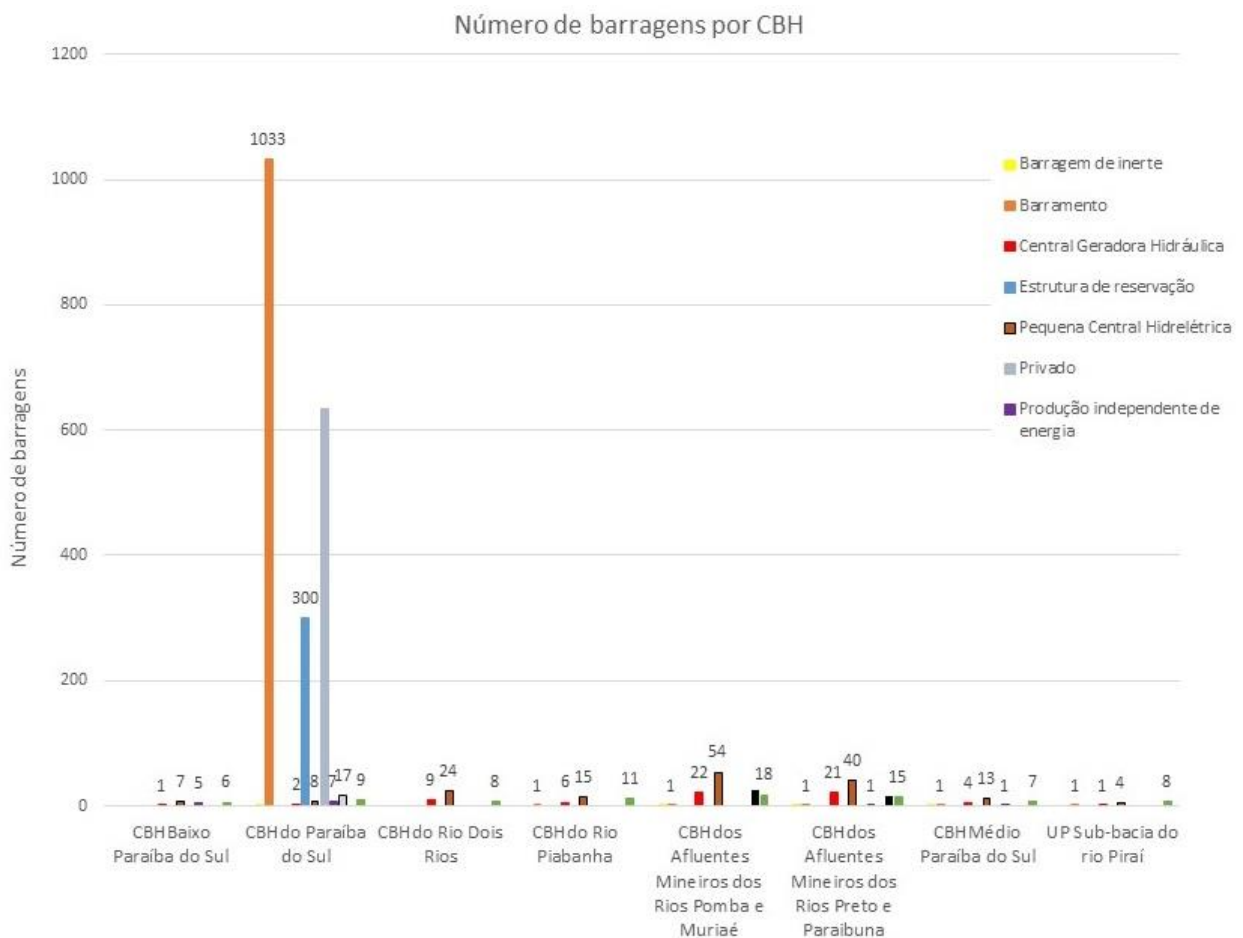


Figura 3.8 – Distribuição dos dados de barragens por região hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

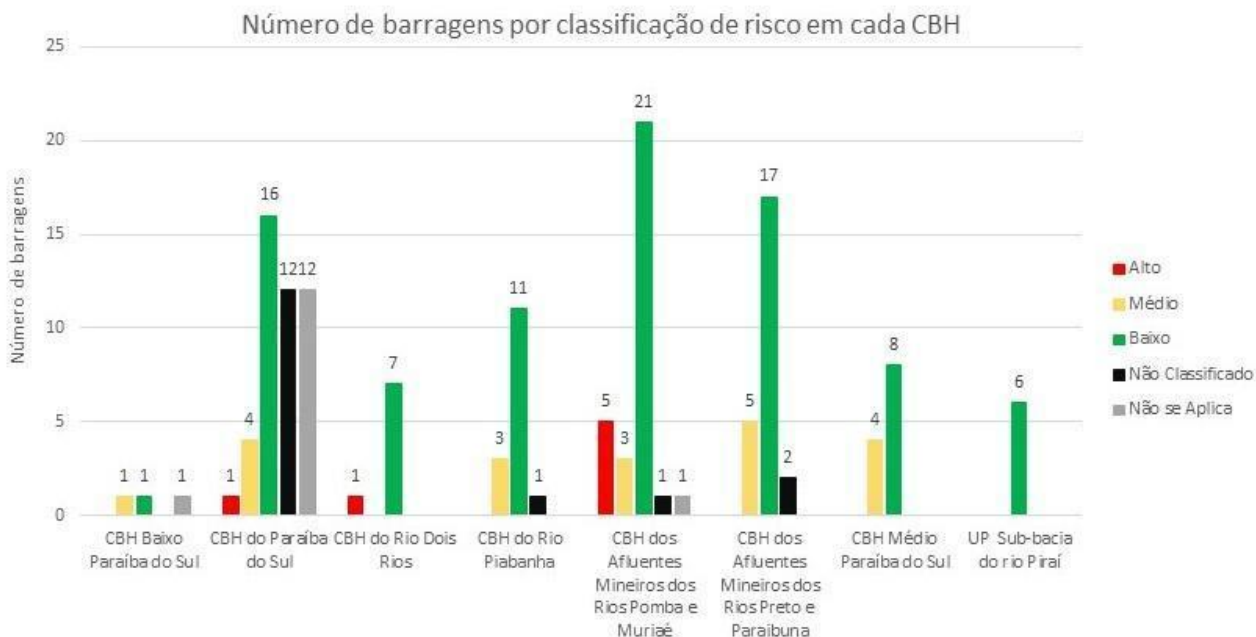


Figura 3.9 – Distribuição dos dados de risco de rompimento de barragens inseridas na bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Nos dados de mineração obtidos da base pública da ANM (2020), percebe-se a extração de areia como tipo de mineração predominante na área. A partir do gráfico que segue (Figura 3.10) pode-se apontar a região hidrográfica CBH do Paraíba do Sul como destaque no número de atividades mineradoras para extração de areia, ao passo que a CBH Baixo Paraíba do Sul possui destaque para outros tipos de extração, como extração de argila, quartzito e granito. Por outro lado, a Sub-bacia do Rio Pirai é a que possui menor atividade mineradora, mas deve-se levar em conta que trata-se da menor região hidrográfica da bacia. Assim, proporcionalmente, o CBH dos Afluentes Mineiros dos rios Preto e Paraibuna é a sub-bacia que possui menor quantidade de pontos de exploração mineral (ANM, 2020).



Figura 3.10 – Distribuição dos dados de mineração em fase de operação por região hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Para os registros de áreas contaminadas nota-se, novamente, uma grande concentração de dados na porção paulista da bacia e, dessa vez, o estado do Rio de Janeiro é o que apresenta menor número de dados (Figura 3.11). Tendo em vista as regiões hidrográficas há destaque óbvio para a CBH Paraíba do Sul, dado ao fato de a mesma abranger toda a porção paulista da bacia. Em seguida a CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Pombo e Muriaé é a que apresenta maior quantidade de áreas contaminadas, sendo 28 registros. Para essa análise, foram utilizadas as bases de dados da CETESB, INEA e FEAM, respectivamente para os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

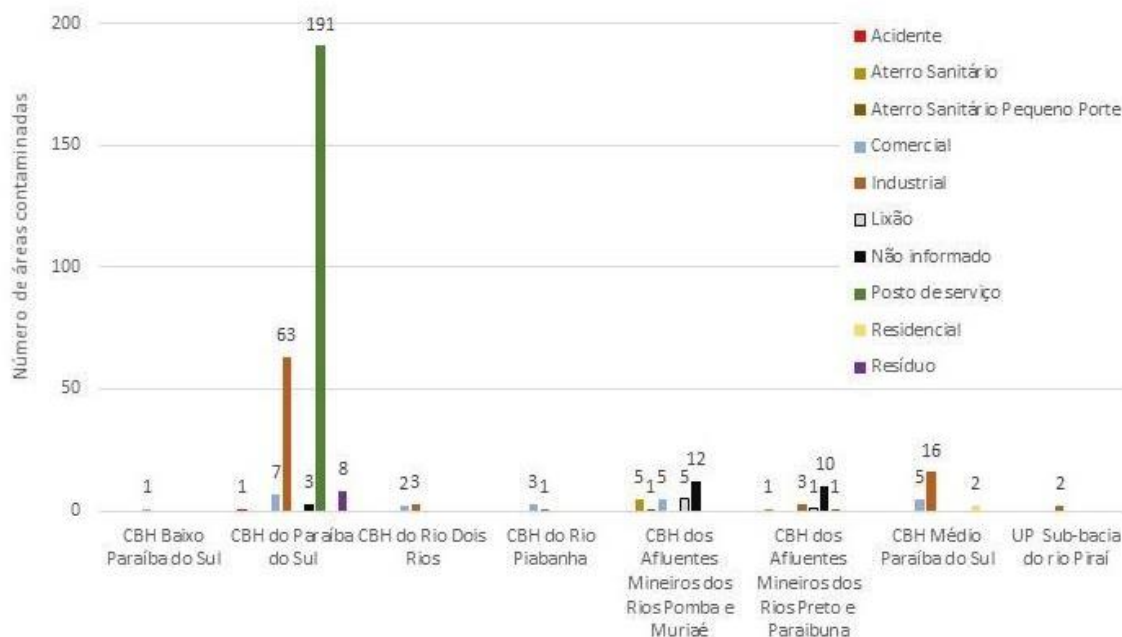


Figura 3.11 – Distribuição dos dados de áreas contaminadas por região hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

3.3. Elaboração de produtos cartográficos

Após o tratamento dos dados brutos, foram gerados os produtos cartográficos de interesse a essa etapa do projeto, sendo que todos os mapas tiveram como base a divisão de regiões hidrográficas da bacia, além de que algumas categorias de análise tiveram algumas especificações que serão descritas a seguir.

Os dados de mineração utilizados foram advindos da base pública da ANM, tendo como recorte temporal os registros cadastrados até final de novembro de 2020. Para tal análise, atentou-se, principalmente, às cavas de areia, por se tratar de um tipo de extração muito comum na bacia do rio Paraíba do Sul e com histórico de rompimento, mas considerando também os outros tipos de exploração em segundo plano (Figura 3.12). Além disso, foram utilizadas apenas as fases de Concessão de Lavra, Licenciamento, Registro de Extração e Registro de Lavra Garimpeira, pois são as categorias que efetivamente representam atuação das mineradoras.

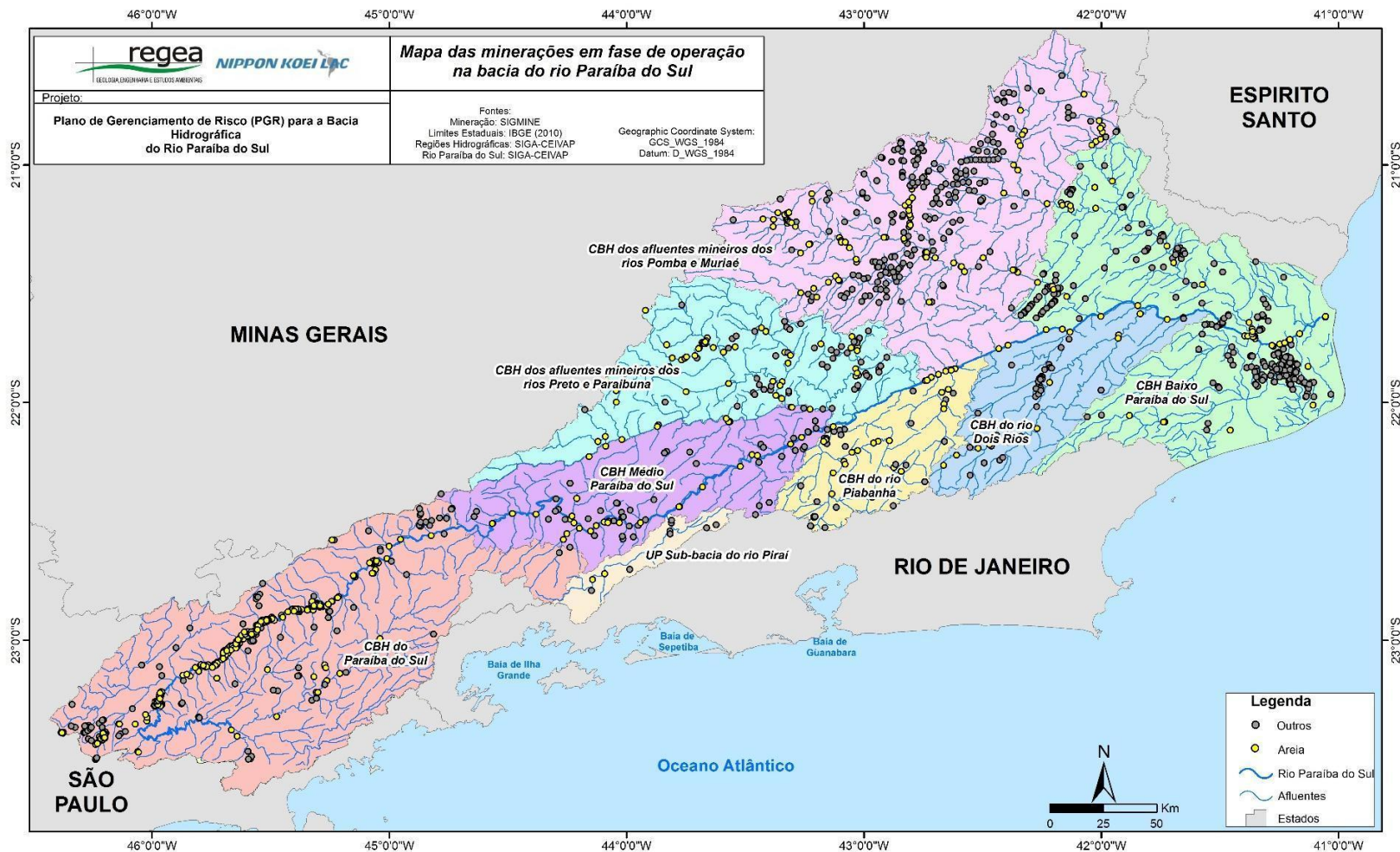


Figura 3.12 – Atividades mineradoras na bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Os dados de barragens contemplam tanto as barragens de água quanto as de rejeitos, incluindo pequeno, médio e grande porte, sendo provenientes de bases do DAEE, IGAM, ANM, ANEEL e SNIRH (Figura 3.13). Ressalta-se que não foi identificada uma base de barragens do INEA. Juntamente às bases de localização e descrição de barragens, aliou-se os dados do SNISB (2020), no qual há indicativo de categoria de risco, dano potencial associado, tipo de material, nível de perigo global e fase da vida, os quais serão levados em consideração mais à frente para categorização de risco (Figura 3.14). Tal análise trará suporte às inferências sobre seus riscos de rompimento individuais ou em cascata.

Desta forma, a base única de barragens foi formada por meio dos seguintes dados compilados na fórmula: "tipo_rg" IN ('Autoprodução de energia - APE', 'Barragem', 'Barramento', 'Barramento sem PNSB', 'CGH', 'Estrutura de reservação', 'hidrelétrica', 'hidrelétrica em funcionamento', 'PCH', 'PCH em funcionamento', 'pequenas hidroelétricas', 'produção independente de energia - PIE', 'reservação (TQ sub-superficial)', 'reservatório de acumulação', 'UHE'). Ressalta-se, ainda, que os dados de barragens, empreendimentos e outorgas passarão mais à frente por outro refinamento conjunto, a fim de eliminar possíveis sobreposições de dados dessas categorias.

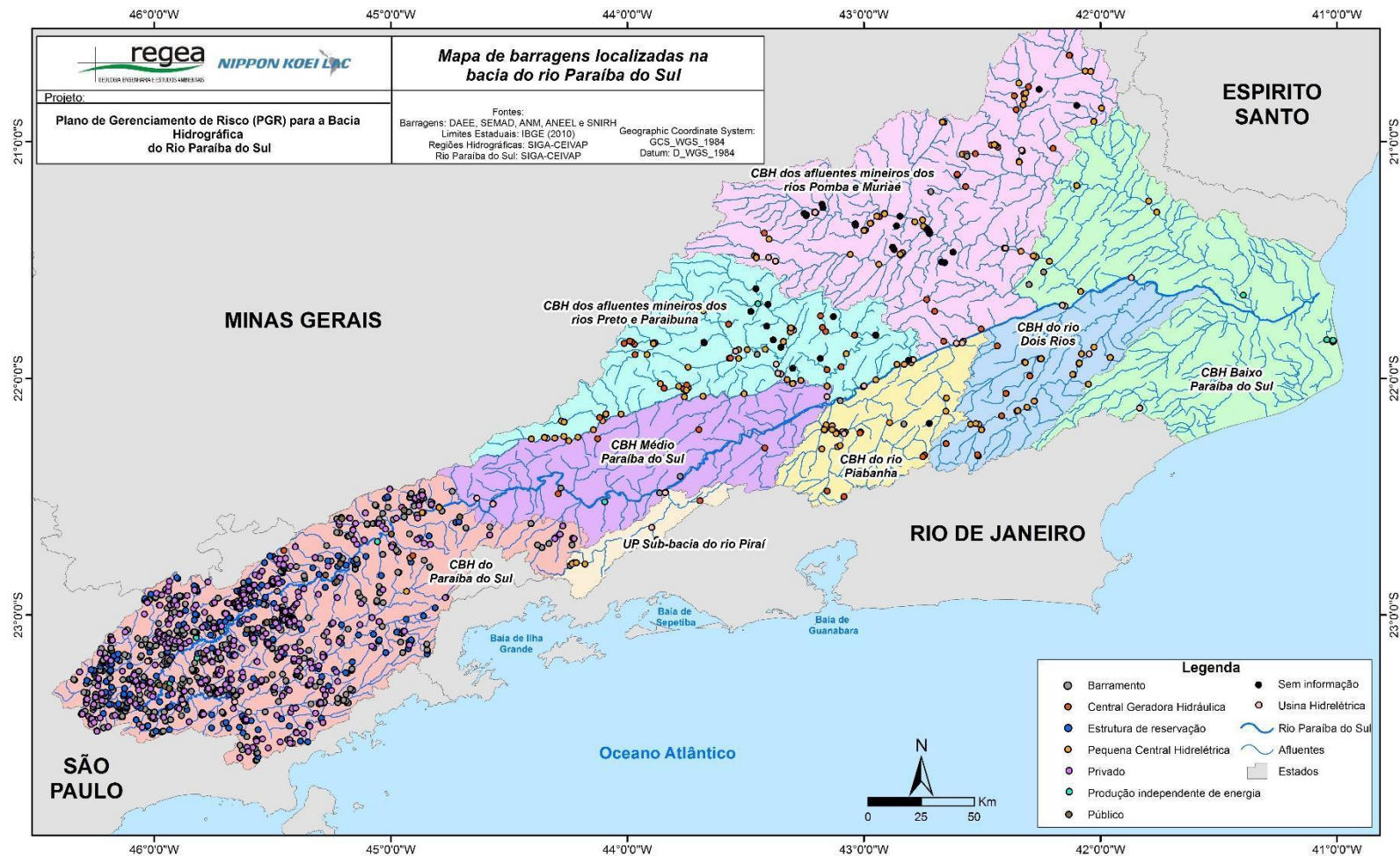


Figura 3.13 – Mapa de barragens da bacia do rio Paraíba do Sul.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

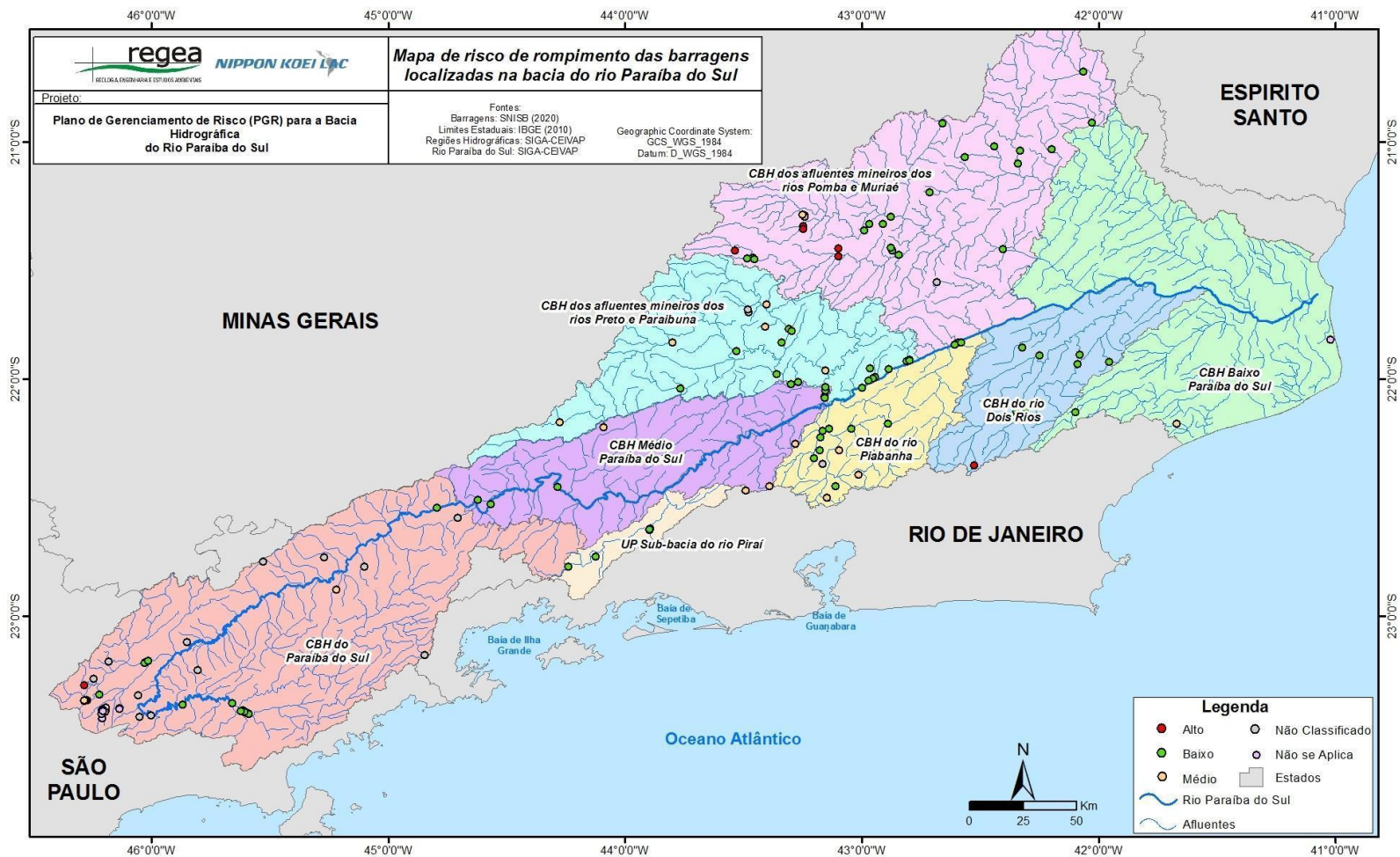


Figura 3.14 – Mapa de risco de rompimento de barragens localizadas da bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Para as áreas contaminadas, utilizou-se apenas os locais onde ainda há contaminação, sendo ela em processo de remediação ou não, desprezando as remediadas (Figura 3.15). Além disso, juntou-se a esses dados a localização dos aterros e lixões que, além de comprometerem a qualidade do solo e do nível d'água local, também podem romper e gerar um fluxo de detritos em direção e no canal de drenagem. Assim, a base única de áreas contaminadas foi formada por meio dos seguintes dados compilados na fórmula: "situação" IN ('Aterro/Lixão', 'Ativa', 'Contaminada com risco confirmado', 'Contaminada em processo de reutilização', 'Contaminada sob Intervenção', 'Contaminada sob investigação', 'Em processo de monitoramento para encerramento', 'Em processo de remediação', 'Fase livre').

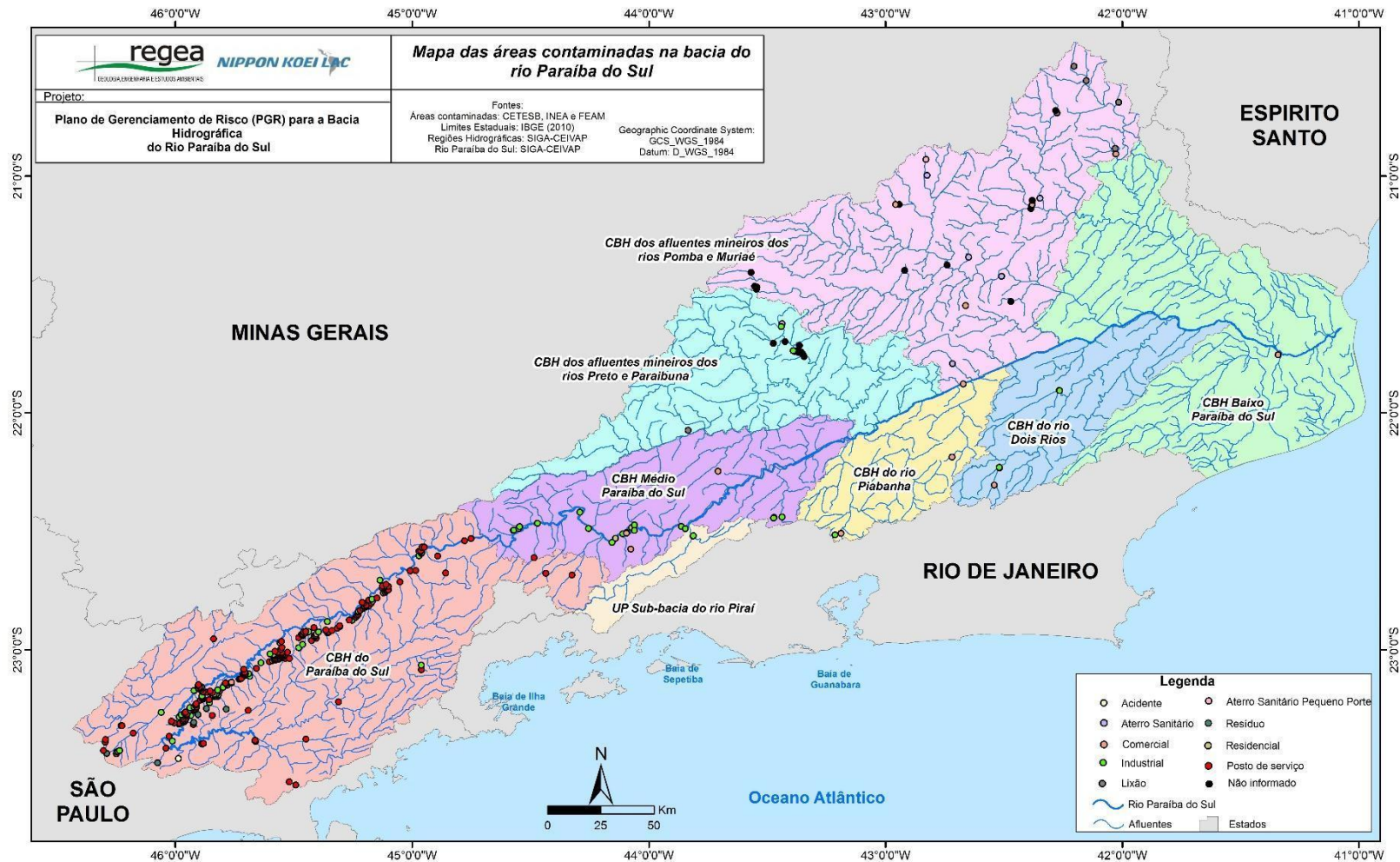


Figura 3.15 – Mapa de áreas contaminadas na bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Para o levantamento de outorgas da bacia foram obtidas bases do DAEE, ANA, IGAM e IBGE, mas não foram encontradas bases específicas atualizadas e com a localização espacial dos pontos de outorgas para o estado do Rio de Janeiro. Tais dados formaram uma base única de análise por meio da fórmula em SIG: "tipo_rg" IN ('Barramento sem PNSB', 'Captação', 'Captação em nascente', 'Captação superficial', 'Depósito abastecimento de água', 'Estrutura de reservação', 'Lançamento', 'Lançamento de efluentes', 'Lançamento superficial', 'Outros', 'Ponto de captação', 'Reservação (TQ sub-superficial)', 'Superficial', 'Tratamento de esgoto'). Contudo, a base não ficou fidedigna à realidade da bacia, pelo fato de apresentar uma deficiência de dados em alguns CBHs. Por isso, optou-se, neste produto, por trabalhar apenas com as bases do SNIRH, visando à homogeneizando da distribuição espacial.

A base de outorgas estaduais do SNIRH não apresenta discriminação de pontos de captação e lançamento, ao passo que a base de outorgas federais e a base única formada pelos dados descritos acima, apresentam. Para as etapas futuras, onde os riscos serão efetivamente analisados, essa distinção se faz relevante e, com isso, tais dados serão trabalhados em maior detalhe.

O Quadro 3.6 mostra as finalidades das outorgas federais cadastradas na base utilizada, localizadas na bacia do Rio Paraíba do Sul. Já o mapa que segue (Figura 3.16) apresenta essas finalidades agrupadas e diferenciadas por captação e lançamento. Nessa figura é possível constatar a importância dos rios Muriaé, Pomba, Paraibuna, Preto, Pirai e Paraitinga, bem como o próprio Paraíba do Sul, devido à concentração de outorgas de captação.

Quadro 3.6 – Finalidades das outorgas de águas de domínio da União localizadas na bacia do Rio Paraíba do Sul.

Finalidades
Abastecimento Público
Aproveitamento Hidroelétrico
Aquicultura em Tanque escavado
Consumo Humano
Criação Animal
Esgotamento Sanitário
Indústria
Irrigação
Mineração - Extração de Areia/Cascalho em Leito de Rio
Mineração - Outros processos extrativos
Obras Hidráulicas
Reservatório/Barramento/Regularização de Vazões
Serviços
Termoelétrica
Outras
Sem Finalidade Cadastrada

Fonte: ANA (2021)

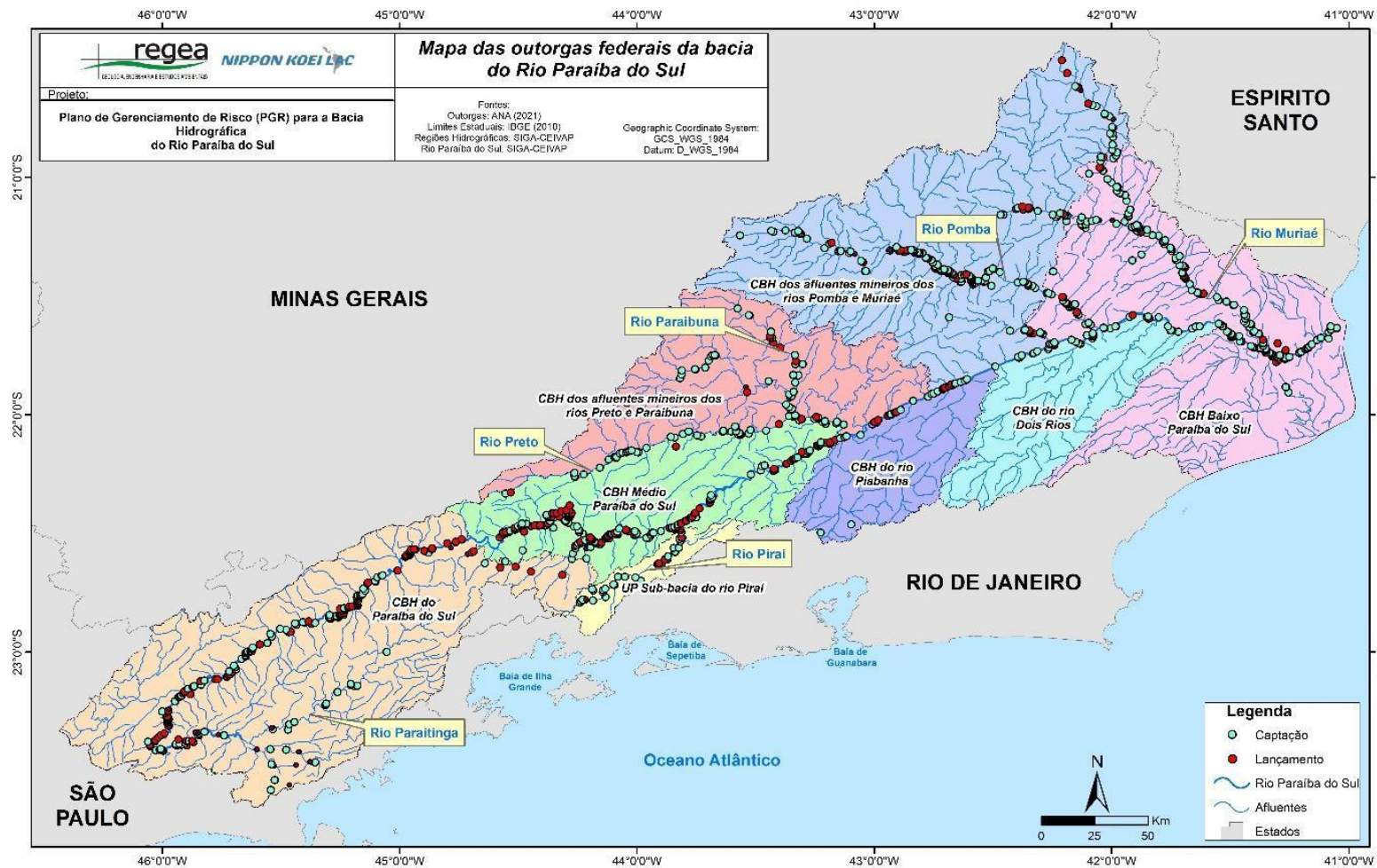


Figura 3.16 – Mapa de todas as outorgas de águas de domínio da União na bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Para as outorgas de águas estaduais utilizou-se as finalidades originais descritas na base. Devido ao número de dados espaciais, gerou-se um mapa geral de toda bacia (Figura 3.17), um mapa apenas com as outorgas subterrâneas (Figura 3.18) e um mapa por CBH (Figura 3.19 a Figura 3.23), para facilitar a visualização dos pontos. Com isso, é possível indicar que, além das outorgas relacionadas ao uso das águas dos rios de domínio da União, destacam-se também os usos das bacias dos rios Jaguari e Parateí (CBH do Paraíba do Sul), rio Paraibuna (CBH dos afluentes mineiros dos Rios Preto e Paraibuna), rio Piabanha (CBH do Rio Piabanha), rio Grande (CBH do Rio Dois Rios) e dos rios Xopotó e Glória (CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé).

Os dados de empreendimentos licenciados na bacia são apresentados na Figura 3.24 utilizando bases de licenças concedidas. No presente produto esses dados foram buscados, organizados e espacializados. Para as próximas etapas, os empreendimentos e outorgas passarão por um refinamento, eliminando aqueles que não concernem ao PGR em função de análises relacionadas aos riscos e potenciais impactos. Para isso, serão reunidos em grandes grupos de interesse (*i.e.* esgoto, água, indústria alimentícia, produtos químicos, etc) e após tal refinamento, serão categorizados conforme sua tipologia de risco (gerador e/ou receptor), bem como um grau de risco (alto, médio e baixo). A organização e espacialização dos dados nesse momento se deu pela criação de um *shapefile* único com todos os dados supracitados. Criou-se, então, uma coluna “tipo” agrupando todas as categorias representadas na tabela de atributos.

No mapa pode-se perceber que a grande maioria dos empreendimentos se localiza no CBH do Paraíba do Sul e CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé. Na porção paulista grande parte concentra-se à beira do curso principal da bacia, ao passo que nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, se relacionam com afluentes importantes, destacando-se então os rios Xopotó, Pomba, Glória, Paraibuna e Grande. Por fim, como descrito a partir dos gráficos, constata-se que a concentração de ETEs na bacia se dá no CBH Médio Paraíba do Sul, com relação direta ao canal principal da bacia (Figura 3.25).

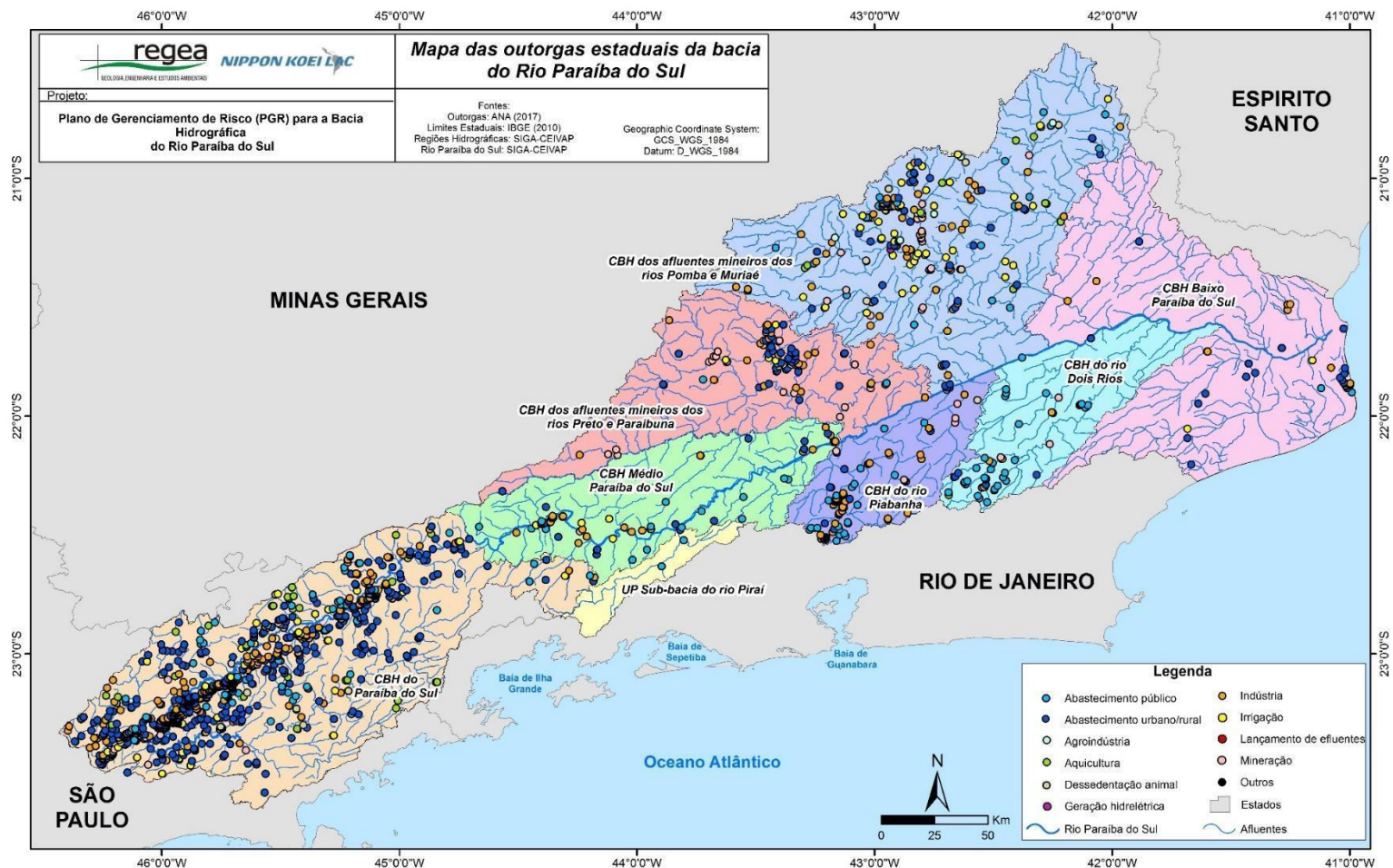


Figura 3.17 – Mapa de todas as outorgas estaduais referentes ao uso de águas da bacia do rio Paraíba do Sul.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

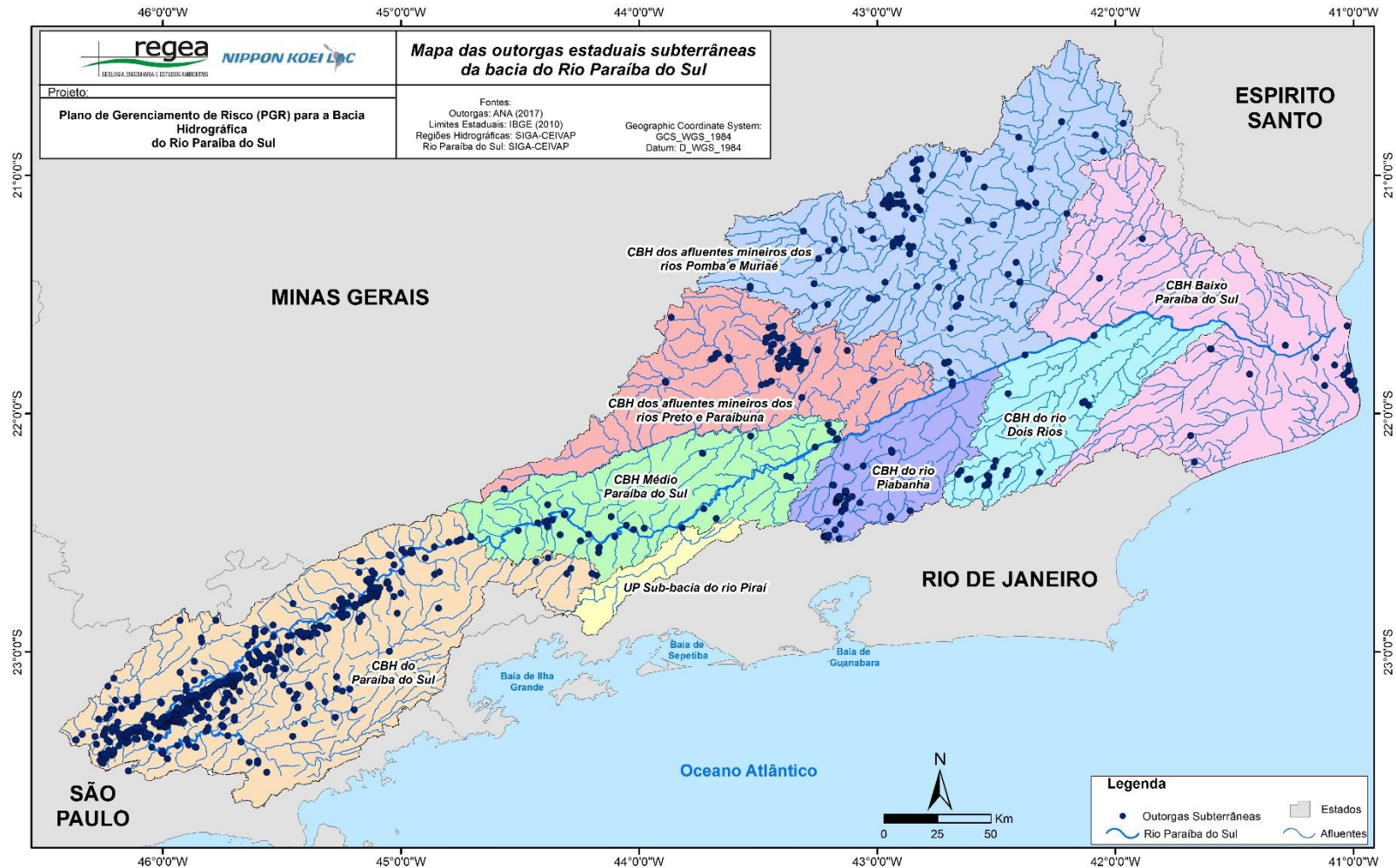


Figura 3.18 – Mapa das outorgas estaduais referentes ao uso de águas subterrâneas da bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

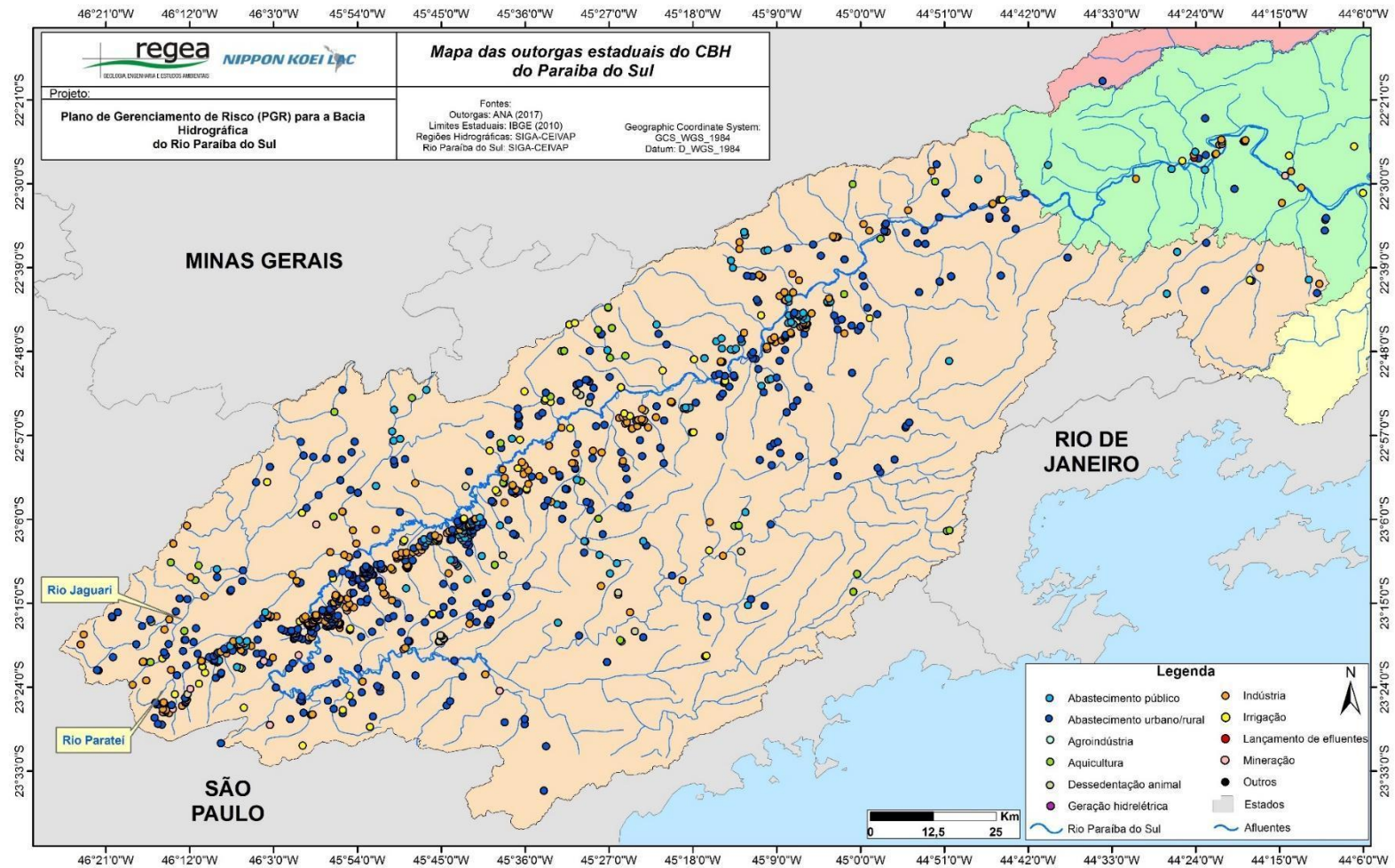


Figura 3.19 – Mapa de todas as outorgas estaduais referentes ao uso de águas do CBH do Paraíba do Sul.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

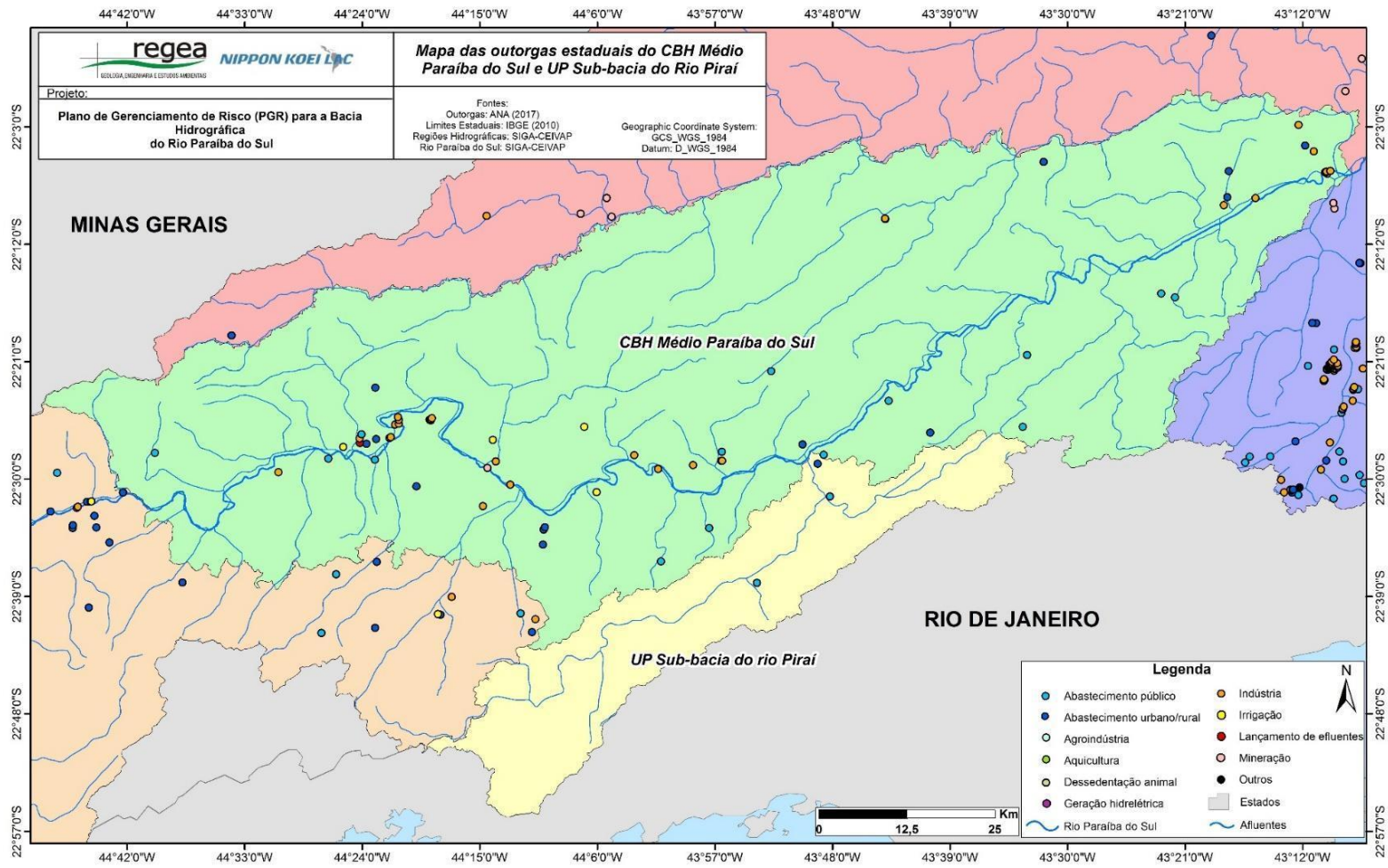


Figura 3.20 – Mapa de todas as outorgas estaduais referentes ao uso de águas das UPs Médio Paraíba do Sul e do Rio Pirai.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

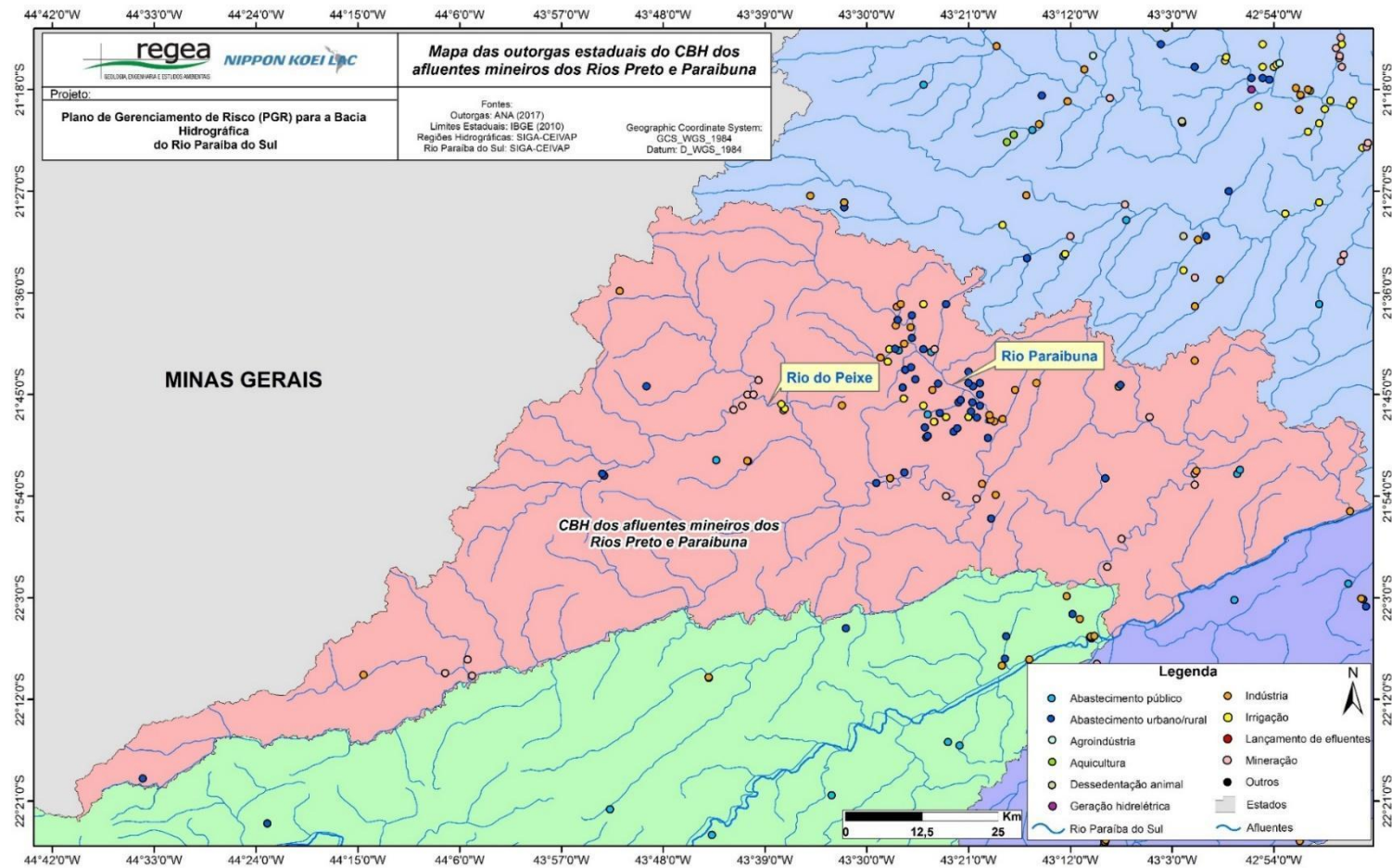


Figura 3.21 – Mapa de todas as outorgas estaduais referentes ao uso de águas do CBH dos afluentes mineiros dos Rios Preto e Paraíba.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

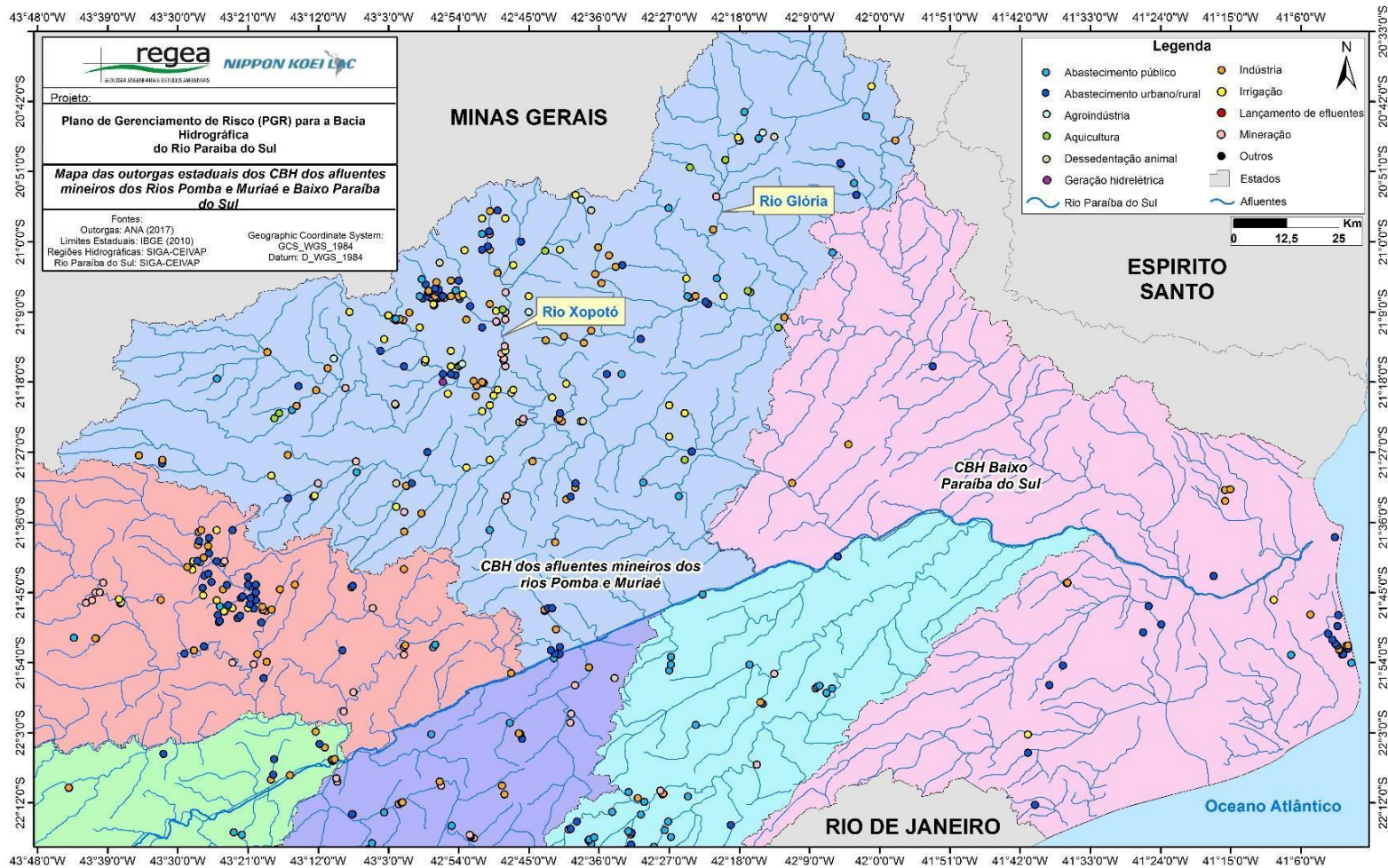


Figura 3.22 – Mapa de todas as outorgas estaduais referentes ao uso de águas do CBH dos afluentes mineiros dos Rios Pomba e Muriaé e do CBH Baixo Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

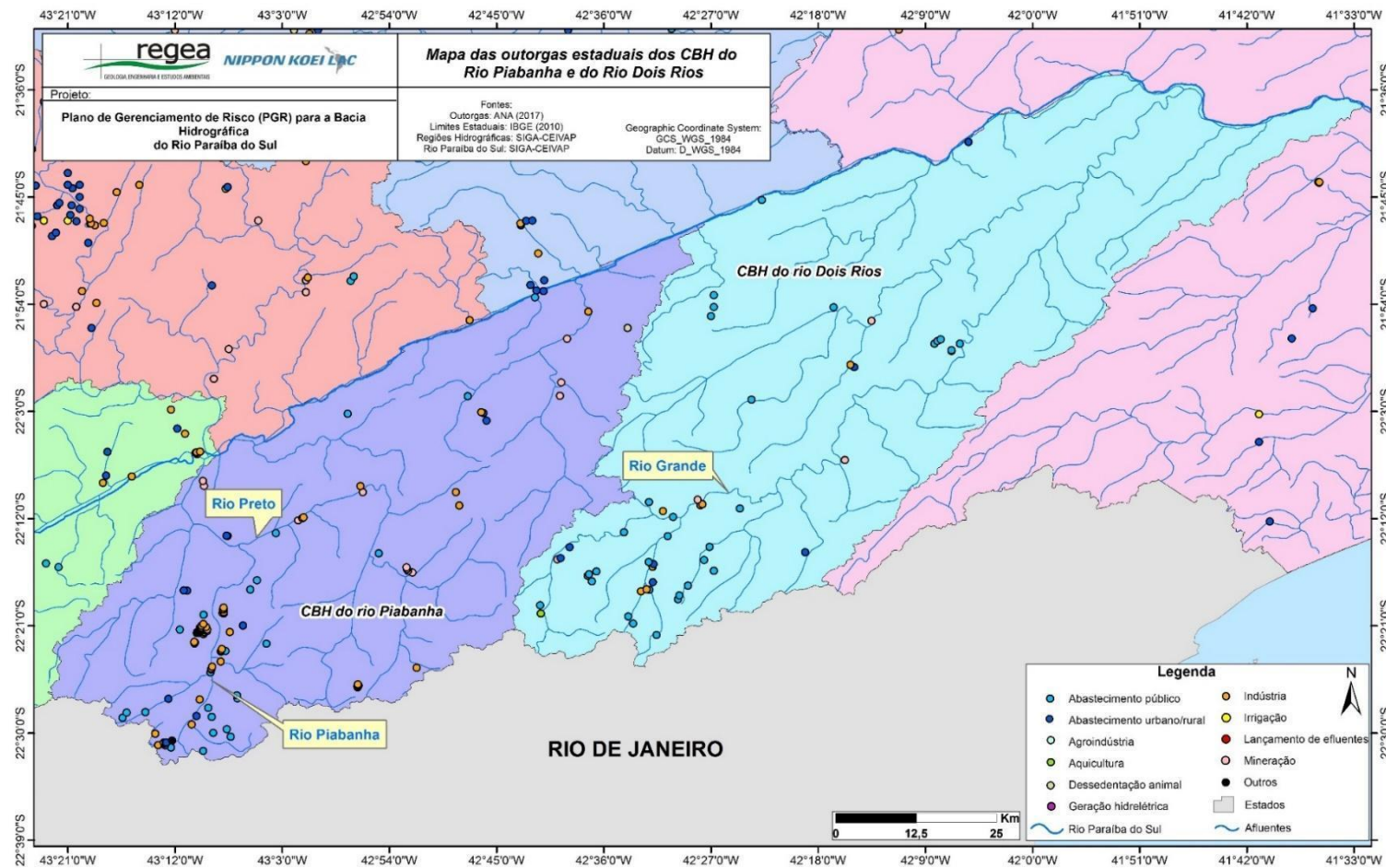


Figura 3.23 – Mapa de todas as outorgas estaduais referentes ao uso de águas dos CBHs Rio Piabanha e Rio Dois Rios.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

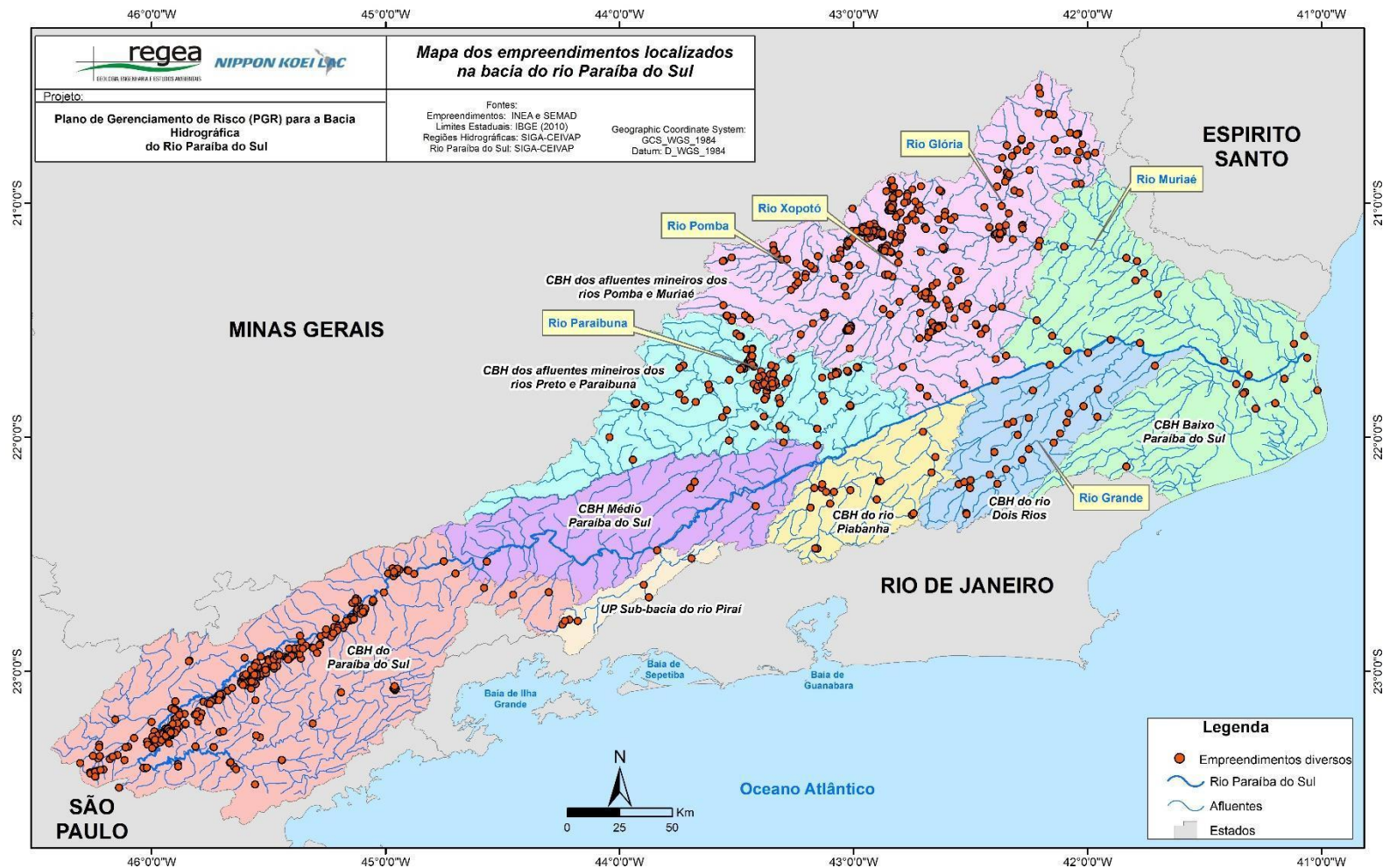


Figura 3.24 – Mapa de empreendimentos em geral localizados na bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

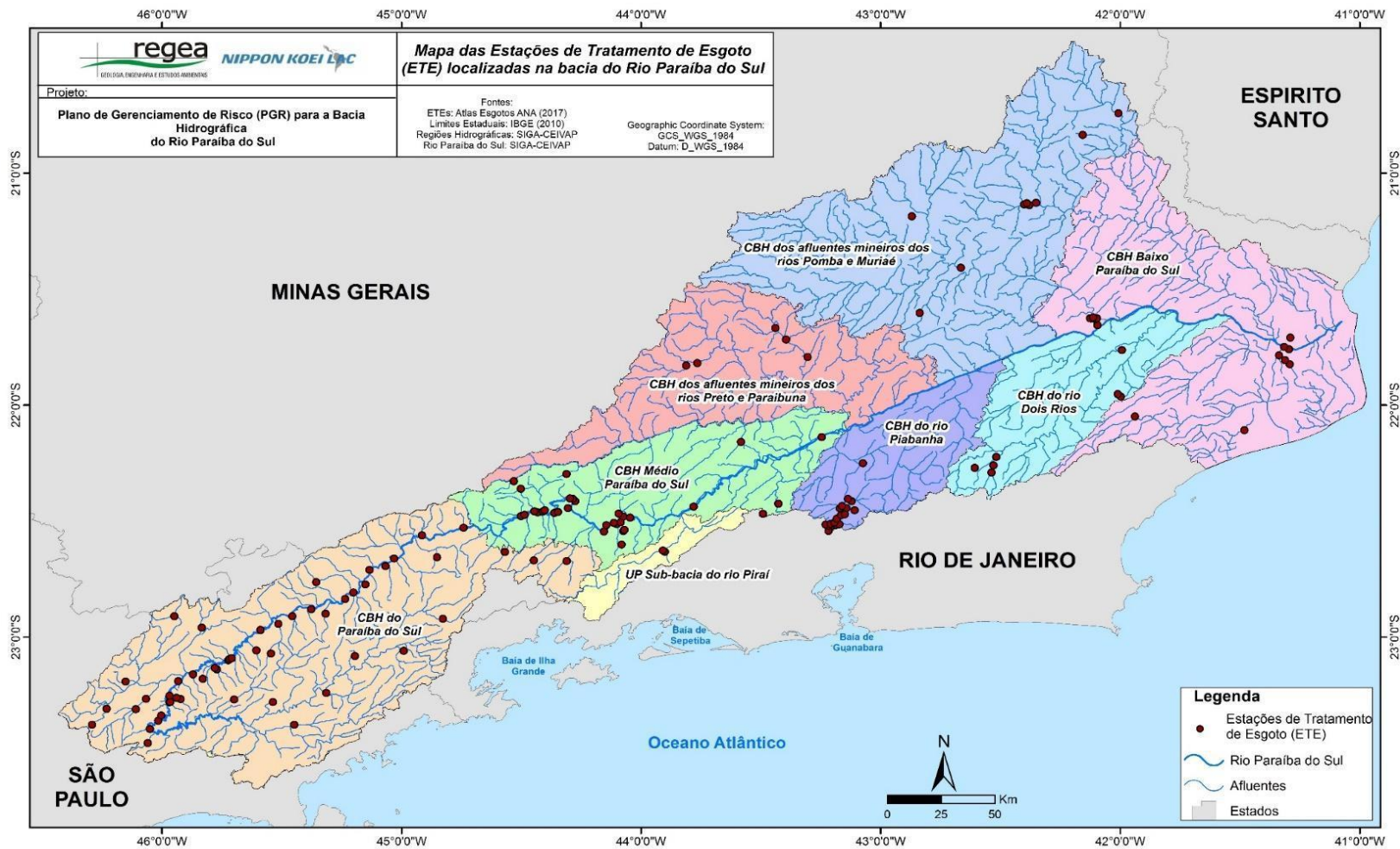


Figura 3.25 – Mapa das ETEs localizadas na bacia do rio Paraíba do Sul.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

3.4. Municípios pertencentes à bacia

Para dar suporte às análises, foi realizada a avaliação e sistematização das informações dos municípios pertencentes à bacia, tanto considerando informações de áreas, quanto localização de suas sedes. Essas informações são relevantes, uma vez que, conforme será exposto mais adiante, alguns eventos identificados foram por município e estavam considerados em alguns dos municípios que possuem parte importante de suas áreas fora da bacia.

O Quadro 3.7 mostra a relação de municípios da bacia e seus percentuais de áreas dentro e fora da bacia, assim como as suas sedes municipais. O quadro em questão foi organizado em ordem alfabética de estado e município. Cabe destacar alguns municípios em Minas Gerais, como Antônio Carlos, Barbacena, Desterro do Melo, Ervália e Santa Rita de Ibitipoca, que possuem mais de 70% de suas áreas fora da bacia. No estado do Rio de Janeiro, destacam-se Bom Jesus de Itabapoana, Miguel Pereira, São Francisco de Itabapoana e Varre-Sai, também com altos percentuais de áreas fora da bacia. Em São Paulo, o destaque vai para Guarulhos, Itaquaquecetuba e Mogi das Cruzes com percentuais também superiores a 70% de suas áreas fora da bacia.

Quadro 3.7 – Municípios da bacia e localização de suas superfícies e sedes.

UF	Município	Área total do município (km ²)	Área dentro da Bacia (%)	Área fora da Bacia (%)	Sede municipal na bacia
MG	Além Paraíba	510,53	100,0	0,0	Sim
MG	Antônio Carlos	529,71	29,7	70,3	Não
MG	Antônio Prado de Minas	83,92	100,0	0,0	Sim
MG	Aracitaba	106,60	100,0	0,0	Sim
MG	Argirita	159,45	100,0	0,0	Sim
MG	Astolfo Dutra	158,95	100,0	0,0	Sim
MG	Barão de Monte Alto	198,55	100,0	0,0	Sim
MG	Barbacena	758,87	3,0	97,0	Não
MG	Belmiro Braga	393,01	100,0	0,0	Sim
MG	Bias Fortes	283,42	100,0	0,0	Sim
MG	Bicas	140,10	100,0	0,0	Sim
MG	Bocaina de Minas	503,43	47,0	53,0	Não
MG	Bom jardim de Minas	411,77	36,4	63,6	Não
MG	Carangola	353,93	99,4	0,6	Sim
MG	Cataguases	492,08	100,0	0,0	Sim
MG	Chácara	152,81	100,0	0,0	Sim
MG	Chiador	252,91	100,0	0,0	Sim
MG	Coronel Pacheco	131,51	100,0	0,0	Sim
MG	Descoberto	213,23	100,0	0,0	Sim

UF	Município	Área total do município (km ²)	Área dentro da Bacia (%)	Área fora da Bacia (%)	Sede municipal na bacia
MG	Desterro do Melo	142,25	19,6	80,4	Não
MG	Divinésia	117,00	32,3	67,7	Não
MG	Divino	338,23	99,5	0,5	Sim
MG	Dona Eusébia	70,27	100,0	0,0	Sim
MG	Ervália	357,75	15,1	84,9	Não
MG	Estrela Dalva	131,48	100,0	0,0	Sim
MG	Eugenópolis	309,79	100,0	0,0	Sim
MG	Ewbank da Câmara	103,81	100,0	0,0	Sim
MG	Faria Lemos	165,48	99,7	0,3	Sim
MG	Fervedouro	358,07	99,8	0,2	Sim
MG	Goianá	152,05	100,0	0,0	Sim
MG	Guarani	264,25	100,0	0,0	Sim
MG	Guarará	88,68	100,0	0,0	Sim
MG	Guidoval	158,46	100,0	0,0	Sim
MG	Guiricema	293,76	100,0	0,0	Sim
MG	Itamarati de Minas	94,61	100,0	0,0	Sim
MG	Juiz de Fora	1.435,50	100,0	0,0	Sim
MG	Laranjal	205,07	100,0	0,0	Sim
MG	Leopoldina	943,71	100,0	0,0	Sim
MG	Lima Duarte	848,17	72,8	27,2	Sim
MG	Mar de Espanha	371,69	100,0	0,0	Sim
MG	Maripá de Minas	77,36	100,0	0,0	Sim
MG	Matias Barbosa	157,06	100,0	0,0	Sim
MG	Mercês	348,25	86,5	13,5	Sim
MG	Miradouro	301,98	99,8	0,2	Sim
MG	Miraí	320,92	100,0	0,0	Sim
MG	Muriaé	842,51	100,0	0,0	Sim
MG	Olaria	178,15	99,9	0,1	Sim
MG	Oliveira Fortes	111,11	99,8	0,2	Sim
MG	Orizânia	121,96	98,8	1,2	Sim
MG	Paiva	58,41	100,0	0,0	Sim
MG	Palma	316,82	100,0	0,0	Sim
MG	Passa-Vinte	246,40	99,6	0,4	Sim

UF	Município	Área total do município (km ²)	Área dentro da Bacia (%)	Área fora da Bacia (%)	Sede municipal na bacia
MG	Patrocínio do Muriaé	108,38	100,0	0,0	Sim
MG	Pedra Dourada	70,09	100,0	0,0	Sim
MG	Pedro Teixeira	112,92	100,0	0,0	Sim
MG	Pequeri	90,84	100,0	0,0	Sim
MG	Piau	192,19	100,0	0,0	Sim
MG	Pirapetinga	190,88	100,0	0,0	Sim
MG	Piraúba	144,32	100,0	0,0	Sim
MG	Recreio	234,52	100,0	0,0	Sim
MG	Rio Novo	209,33	100,0	0,0	Sim
MG	Rio Pomba	252,44	100,0	0,0	Sim
MG	Rio Preto	347,88	100,0	0,0	Sim
MG	Rochedo de Minas	79,42	100,0	0,0	Sim
MG	Rodeiro	72,71	100,0	0,0	Sim
MG	Rosário da Limeira	111,25	100,0	0,0	Sim
MG	Santa Bárbara do Monte Verde	417,78	100,0	0,0	Sim
MG	Santa Bárbara do Tugúrio	194,52	99,7	0,3	Sim
MG	Santana de Cataguases	161,61	100,0	0,0	Sim
MG	Santana do Deserto	182,67	100,0	0,0	Sim
MG	Santa Rita de Jacutinga	420,70	99,8	0,2	Sim
MG	Santa Rita de Ibitipoca	324,07	26,9	73,1	Não
MG	Santo Antônio do Aventureiro	202,13	100,0	0,0	Sim
MG	Santos Dumont	637,23	99,9	0,1	Sim
MG	São Francisco do Glória	164,81	100,0	0,0	Sim
MG	São Geraldo	185,66	75,7	24,3	Sim
MG	São João Nepomuceno	407,53	100,0	0,0	Sim
MG	São Sebastião da Vargem Alegre	73,68	100,0	0,0	Sim
MG	Senador Cortes	98,37	100,0	0,0	Sim
MG	Silveirânia	157,47	98,9	1,1	Sim
MG	Simão Pereira	135,68	100,0	0,0	Sim
MG	Tabuleiro	211,09	100,0	0,0	Sim
MG	Tocantins	173,91	99,5	0,5	Sim
MG	Tombos	285,56	100,0	0,0	Sim
MG	Ubá	407,58	79,3	20,7	Sim

UF	Município	Área total do município (km ²)	Área dentro da Bacia (%)	Área fora da Bacia (%)	Sede municipal na bacia
MG	Vieiras	112,82	100,0	0,0	Sim
MG	Visconde do Rio Branco	243,46	99,9	0,1	Sim
MG	Volta Grande	205,71	100,0	0,0	Sim
RJ	Aperibé	94,77	100,0	0,0	Sim
RJ	Areal	110,93	100,0	0,0	Sim
RJ	Barra do Piraí	578,68	100,0	0,0	Sim
RJ	Barra Mansa	546,85	100,0	0,0	Sim
RJ	Bom Jardim	385,03	99,9	0,1	Sim
RJ	Bom Jesus do Itabapoana	600,10	0,8	99,2	Não
RJ	Cambuci	562,67	100,0	0,0	Sim
RJ	Carapebus	308,79	83,2	16,8	Sim
RJ	Comendador Levy Gasparian	106,89	100,0	0,0	Sim
RJ	Campos dos Goytacazes	4.037,30	89,8	10,2	Sim
RJ	Cantagalo	750,09	100,0	0,0	Sim
RJ	Cardoso Moreira	525,92	100,0	0,0	Sim
RJ	Carmo	324,99	100,0	0,0	Sim
RJ	Conceição de Macabu	347,91	78,5	21,5	Sim
RJ	Cordeiro	116,47	100,0	0,0	Sim
RJ	Duas barras	375,44	100,0	0,0	Sim
RJ	Engenheiro Paulo de Frontin	150,14	66,2	33,8	Não
RJ	Italva	294,46	99,9	0,1	Sim
RJ	Itaocara	431,96	100,0	0,0	Sim
RJ	Itaperuna	1.107,30	99,8	0,2	Sim
RJ	Itatiaia	244,96	100,0	0,0	Sim
RJ	Laje do Muriaé	250,32	100,0	0,0	Sim
RJ	Macuco	77,81	100,0	0,0	Sim
RJ	Mendes	97,25	99,2	0,8	Sim
RJ	Miguel Pereira	289,13	12,6	87,4	Sim
RJ	Miracema	304,93	100,0	0,0	Sim
RJ	Natividade	387,40	99,9	0,1	Sim
RJ	Nova Friburgo	934,20	63,7	36,3	Sim
RJ	Paraíba do Sul	580,50	100,0	0,0	Sim
RJ	Paty do Alferes	318,76	99,9	0,1	Sim

UF	Município	Área total do município (km ²)	Área dentro da Bacia (%)	Área fora da Bacia (%)	Sede municipal na bacia
RJ	Petrópolis	795,87	94,7	5,3	Sim
RJ	Pinheiral	76,49	100,0	0,0	Sim
RJ	Piraí	505,13	78,8	21,2	Sim
RJ	Porciúncula	291,54	64,8	35,2	Sim
RJ	Porto real	50,74	100,0	0,0	Sim
RJ	Quatis	285,91	100,0	0,0	Sim
RJ	Quissamã	714,68	99,9	0,1	Sim
RJ	Resende	1.093,99	100,0	0,0	Sim
RJ	Rio Claro	836,78	63,4	36,6	Sim
RJ	Rio das Flores	478,20	100,0	0,0	Sim
RJ	Santa Maria Madalena	816,16	100,0	0,0	Sim
RJ	Santo Antônio de Pádua	604,14	100,0	0,0	Sim
RJ	São Francisco de Itabapoana	1.126,00	37,9	62,1	Não
RJ	São Fidélis	1.033,56	100,0	0,0	Sim
RJ	São João da Barra	456,53	100,0	0,0	Sim
RJ	São José de Ubá	250,70	100,0	0,0	Sim
RJ	São José do Vale do Rio Preto	220,38	100,0	0,0	Sim
RJ	São Sebastião do Alto	398,46	100,0	0,0	Sim
RJ	Sapucaia	541,42	100,0	0,0	Sim
RJ	Sumidouro	395,77	100,0	0,0	Sim
RJ	Teresópolis	770,90	99,9	0,1	Sim
RJ	Trajano de Moraes	590,60	99,8	0,2	Sim
RJ	Três Rios	326,80	100,0	0,0	Sim
RJ	Valença	1.304,22	100,0	0,0	Sim
RJ	Varre-sai	201,41	22,0	78,0	Não
RJ	Vassouras	520,40	97,9	2,1	Sim
RJ	Volta Redonda	182,38	100,0	0,0	Sim
SP	Aparecida	120,98	100,0	0,0	Sim
SP	Arapeí	156,79	99,6	0,4	Sim
SP	Areias	304,99	100,0	0,0	Sim
SP	Arujá	96,08	73,2	26,8	Não
SP	Bananal	616,01	78,5	21,5	Sim
SP	Caçapava	368,78	100,0	0,0	Sim

UF	Município	Área total do município (km ²)	Área dentro da Bacia (%)	Área fora da Bacia (%)	Sede municipal na bacia
SP	Cachoeira Paulista	287,76	100,0	0,0	Sim
SP	Canas	53,22	100,0	0,0	Sim
SP	Cruzeiro	305,45	99,8	0,2	Sim
SP	Cunha	1.406,20	96,4	3,6	Sim
SP	Guararema	270,68	99,9	0,1	Sim
SP	Guaratinguetá	752,05	99,9	0,1	Sim
SP	Guarulhos	318,60	18,7	81,3	Não
SP	Igaratá	292,82	99,4	0,6	Sim
SP	Itaquaquecetuba	82,58	12,7	87,3	Não
SP	Jacareí	464,02	100,0	0,0	Sim
SP	Jambeiro	184,29	100,0	0,0	Sim
SP	Lagoinha	255,27	100,0	0,0	Sim
SP	Lavrinhas	166,93	99,4	0,6	Sim
SP	Lorena	413,83	100,0	0,0	Sim
SP	Mogi das Cruzes	712,36	26,3	73,7	Não
SP	Monteiro Lobato	332,53	99,3	0,7	Sim
SP	Natividade da Serra	832,74	99,8	0,2	Sim
SP	Paraibuna	809,02	89,5	10,5	Sim
SP	Pindamonhangaba	729,34	99,8	0,2	Sim
SP	Piquete	175,86	99,2	0,8	Sim
SP	Potim	44,43	100,0	0,0	Sim
SP	Queluz	249,63	99,9	0,1	Sim
SP	Redenção da Serra	309,14	100,0	0,0	Sim
SP	Roseira	130,55	100,0	0,0	Sim
SP	Santa Branca	272,07	99,8	0,2	Sim
SP	Santa Isabel	363,16	99,7	0,3	Sim
SP	São José do Barreiro	570,25	42,2	57,8	Sim
SP	São José dos Campos	1.098,78	99,8	0,2	Sim
SP	São Luís do Paraitinga	616,83	99,6	0,4	Sim
SP	Silveiras	414,45	100,0	0,0	Sim
SP	Taubaté	624,43	100,0	0,0	Sim
SP	Tremembé	191,23	100,0	0,0	Sim

Fonte: Elaborado pelo consórcio.

3.5. Organização espacial dos dados de empreendimentos lineares

A análise de risco de contaminação de cursos da bacia do Paraíba do Sul, por meio de acidentes em empreendimentos lineares (rodovias, ferrovias e polidutos), será realizada através da correlação de dados de fluxos e proximidade com a drenagem. Para isso, neste primeiro momento foram recolhidas informações pertinentes a tal correlação.

A base de malha rodoviária é advinda do *google street*, na qual consta não apenas rodovias, mas também estradas, ruas e avenidas (Figura 3.26). Para as etapas posteriores de análise desses dados, determinou-se como recorte espacial as pontes, devido ao fato de que ocorrido um acidente nesse ponto, há chances elevadas de o produto atingir o curso d'água. Apesar do detalhamento das vias, essa base não demonstra trechos de pontes. Com isso, será realizado um cruzamento em plataforma SIG entre o sistema viário e a rede de drenagem utilizada no projeto e desse cruzamento será obtido um plano de informação "ponte", referente ao recorte espacial de análise.

Para considerar trechos na rodovia que correm em paralelo com afluentes ou com o curso principal da bacia, seria necessário considerar também a direção de fluxo do sistema de drenagem rodoviário, o qual pode corroborar para um não atingimento da drenagem por possíveis contaminantes. Tal levantamento, considerando a proporção da área de estudo, se faz inviável e justifica a escolha do trecho de pontes.

Foram também recolhidos dados de fluxos de rodovias do DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, sendo considerado o VMD – Valor Médio Diário do ano 2019. A escolha desse ano foi dada pelo fato de o fluxo de veículos ter sido alterado em 2020 por conta dos decretos de quarentena, em meio a pandemia de COVID-19. Esses dados demonstram a quantidade de veículos que passam em cada rodovia e estrada segmentadas por trecho. Assim, presume-se que quanto maior o fluxo de veículos pesados, maior a chance de que ocorra um acidente com produto perigoso nesse local.

O *shapefile* da malha ferroviária utilizado é proveniente do IBGE (Figura 3.27). É possível observar que tal malha não é tão extensa quanto a rodoviária e pode ser tratada individualmente:

- A Ferrovia Centro-Atlântica S.A. – FCA corre em paralelo ao rio Paraíba do Sul desde as cabeceiras, no estado de São Paulo, até a foz no estado do Rio de Janeiro, tendo também ramificações que correm em paralelo com rio Macabú, córrego da Onça, rio Preto e rio Pirají;
- A Estrada de Ferro Campos do Jordão – EFCJ é paralela a uma cabeceira de curso de água sem identificação, localizado na região hidrográfica do CBH Paraíba do Sul;
- A Ferrovia do Aço é paralela ao rio Preto;
- MRS – Logística S.A. segue paralela ao rio Paraibuna desde suas cabeceiras até a confluência com o rio Paraíba do Sul; e
- Há, ainda, uma ferrovia sem nome que cruza com o terço superior do rio Pomba.

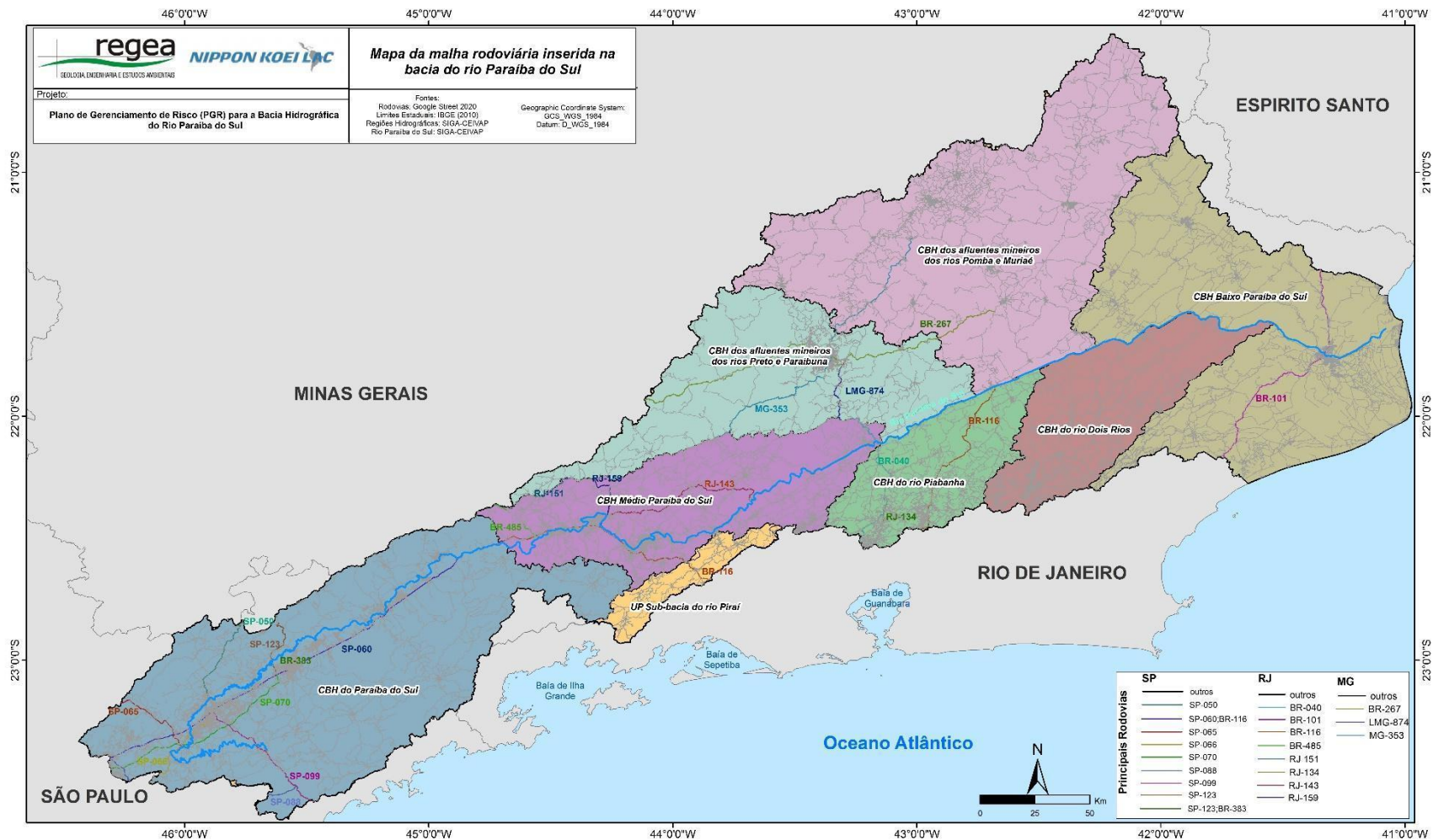


Figura 3.26 – Mapa da malha rodoviária da bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

CONSÓRCIO NIPPON/REGEA
Rua Cláudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303, São Paulo-SP

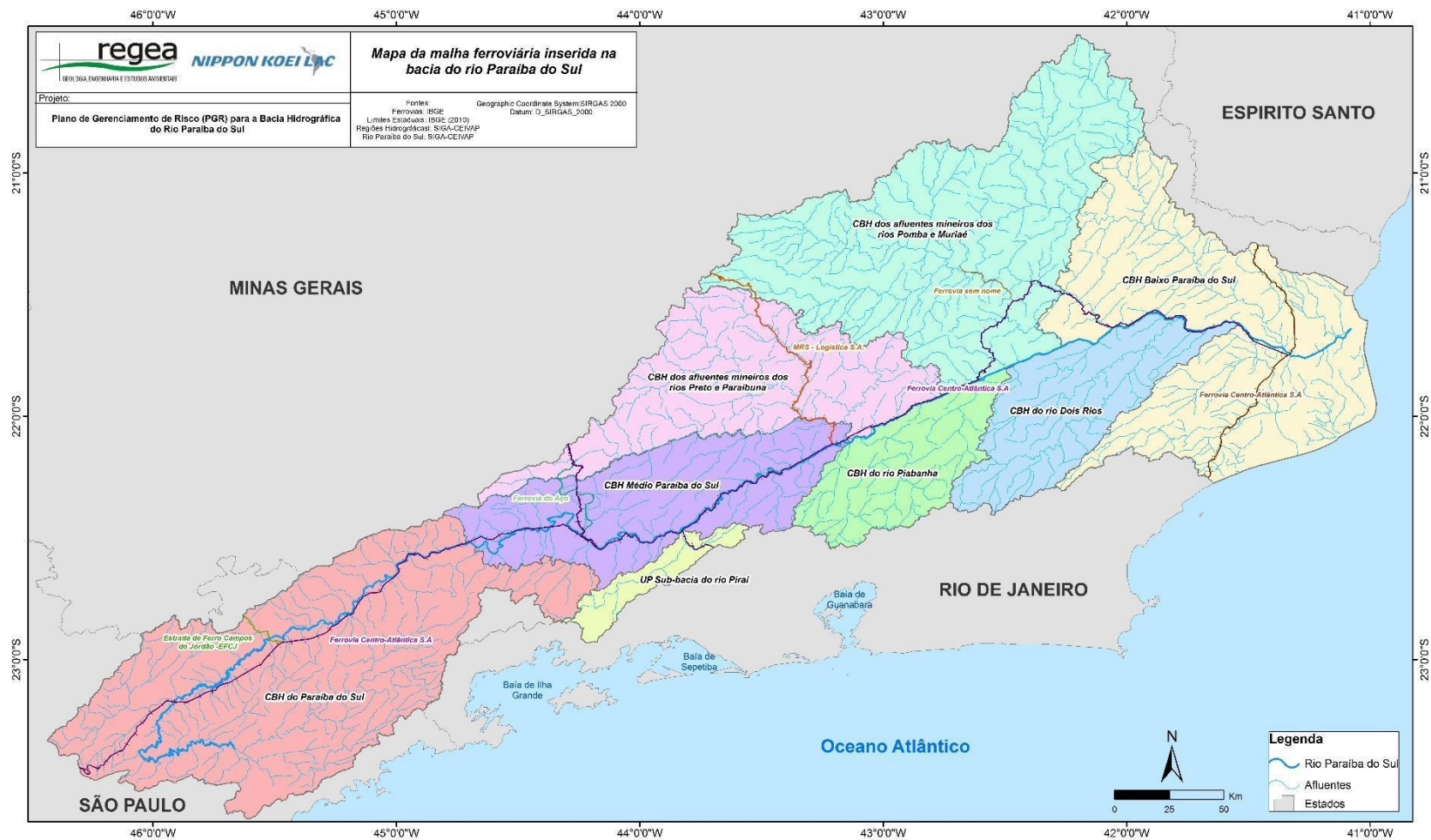


Figura 3.27 – Mapa da malha ferroviária da bacia do rio Paraíba do Sul.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Dessa forma, quanto à relação da proximidade da via com a drenagem, assume-se que há um risco homogêneo para todas as linhas férreas que passam pela bacia do Paraíba do Sul, devido ao fato de que todas se encontram paralelas à alguma drenagem importante. Pelo fato de que nesse tipo de via não há impermeabilização do solo e que não possui sistema de drenagem que direcionam o fluxo e nenhum elemento protetor como algumas das rodovias de maior circulação, a proximidade com tais canais faz com que a chance de contaminação de corpos hídricos se eleve.

Por fim, dois importantes minerodutos passam na área de estudo, sendo o Mineroduto Samarco, da mineradora homônima, e o mineroduto Minas-Rio, da empresa Anglo American (Figura 3.28). O primeiro citado possui menor expressão para o projeto, devido ao fato de passar por apenas dois municípios. Por outro lado, o mineroduto Minas-Rio percorre 12 municípios da bacia e tem capacidade de transportar 26,5 milhões de toneladas de ferro por ano, sendo considerado o maior do mundo em extensão (IPT, 2018).

	Mapa dos minerodutos inseridos na bacia do rio Paraíba do Sul	
	Projeto: Plano de Gerenciamento de Risco (PGR) para a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul	Fontes: Minerodutos: Portal Dutovário (2021) Limites Estaduais: IBGE (2010) Rio Paraíba do Sul: SIGA-GEIVAP

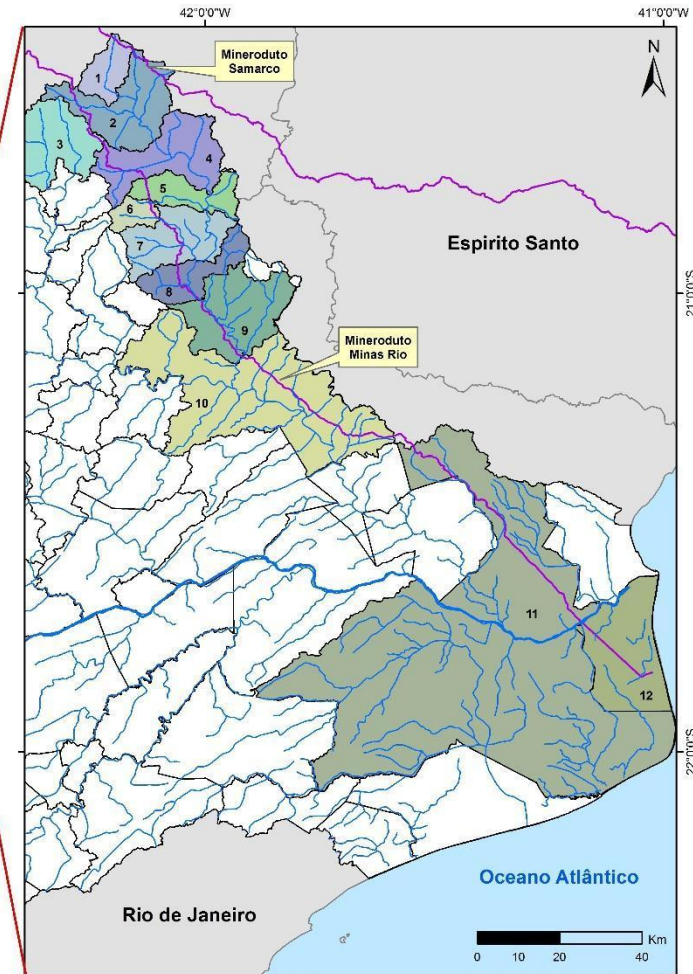
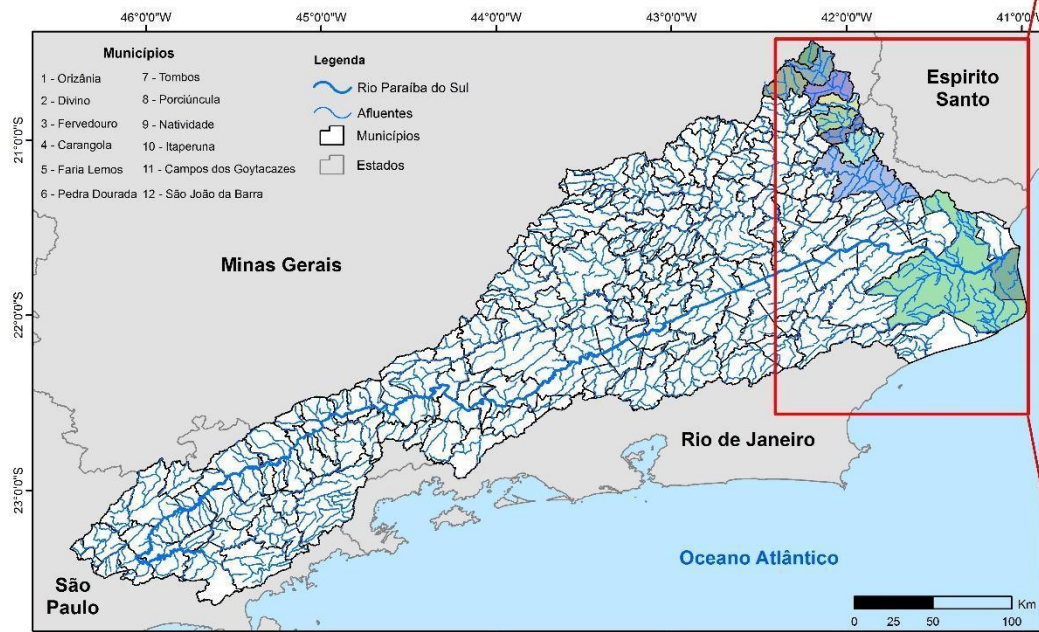


Figura 3.28 – Minerodutos que passam pela bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

3.6. Análise de experiências similares de outras bacias

O referencial teórico fornece subsídios de dados e metodologias que auxiliam no desenvolvimento de um Plano de Gerenciamento de Risco. Assim, nessa etapa foram analisadas referências pertinentes à gestão de risco, bacias hidrográficas, estudos de acidentes e outros PGRs. No que tange ao estudo de acidentes, é possível obter informações como dimensões, raio de alcance, danos e medidas de contingência que servirão de base comparativa ao presente caso. Já a análise de outros PGRs possibilita obter referências metodológicas que subsidiarão análises e proposições para as próximas etapas. O Item 5 desse relatório apresentará o material coletado e organizado de experiências similares de outras bacias, utilizando-se da mesma estrutura organizacional adotado na descrição do inventário da bacia.

4 INVENTÁRIO E ANÁLISE DE EVENTOS E ACIDENTES OCORRIDOS NA BACIA

Este capítulo apresenta as principais informações referentes aos eventos críticos e crises ocorridas na bacia e que foram identificados a partir dos documentos e estudos levantados e avaliados. Os eventos identificados foram divididos por tipologia, sendo relatados de forma breve, indicando a referida fonte e onde podem ser verificadas informações mais detalhadas.

Cabe destacar que este momento do estudo trata da identificação de eventos ou acidentes ocorridos na bacia, com indicação do ocorrido e principais ações executadas durante a contingência, caso disponíveis as informações. Após análise de pertinência quanto aos potenciais impactos nos recursos hídricos ou nos usos da água na bacia, haverá detalhamento das análises e probabilidade de ocorrência na próxima etapa de estudo e, na etapa seguinte, análise de impactos e áreas de ocorrência.

Assim, nos próximos subitens deste documento serão apresentados os eventos identificados nas análises bibliográficas realizadas. Vale destacar que alguns eventos podem ser considerados em mais de um subitem, devido a suas características. Como exemplo, cita-se o rompimento de uma barragem de rejeitos industriais, em que o material armazenado escoou diretamente para jusante ao longo da drenagem. Esse exemplo poderia ser apresentado no item de rompimento de barragens, mas também no item de contaminação por poluentes, sendo escolhida sua inserção no primeiro.

Os eventos identificados e considerados no contexto do presente inventário são focados naqueles que normalmente não são tratados em outros tipos de planos específicos ou que podem causar impactos diretos e com maior área de abrangência nos usos de recursos hídricos. Assim, como exemplos, alagamentos em áreas urbanas normalmente são tratados em planos diretores de drenagem urbana, não sendo o caso de serem considerados no presente estudo, principalmente pelo foco muito localizado de seus impactos, às vezes em apenas um bairro ou área isolada de uma cidade. No caso de eventos de movimentos de massa ou deslizamentos, apesar de alguns municípios possuírem PMRRs – Planos Municipais de Redução de Risco, podem levar a impactos com escala de abrangência mais regional e aos usos de recursos hídricos e, por esse motivo, são aqui considerados. Para todos os eventos identificados, foram buscadas e levantadas, quando disponíveis, informações sobre custos monetários dos impactos e serão discutidas mais adiante, no produto 4, que trata da análise de impactos.

As informações obtidas e incluídas no inventário realizado serão utilizadas como base para as análises de probabilidades de ocorrência, a serem desenvolvidas nas próximas etapas de estudos. Nesse sentido, serão testadas estatísticas referentes aos eventos identificados para cada região da bacia e essas análises serão cotejadas com análises dos índices pluviométricos históricos de cada região. Assim, como exemplo, poderão ser verificadas as estiagens registradas oficialmente em cada região e comparadas com os índices de chuva e vazões dos anos críticos, de forma a verificar relações entre eles. Com isso, espera-se obter índices de precipitação abaixo dos quais deverão ser consideradas crises hídricas voltadas à estiagem. Da mesma forma, os maiores valores de precipitação ocorridos a cada ano serão cotejados com os registros de eventos críticos de cheias em cada região. Assim, também espera-se identificar índices de precipitações elevadas em cada região da bacia que possam ser correlacionados aos eventos identificados e registrados de inundações, o que dará suporte à prevenção quanto à ocorrência dos eventos de cheias e, conseqüentemente, dará suporte à minimização de seus impactos.

4.1 Estiagens Prolongadas

Para o inventário de eventos críticos de estiagens ocorridos na bacia, foram buscadas informações de estudos desenvolvidos na bacia, bem como outros reportes e documentos identificados, sendo apresentadas as informações compiladas de acordo com o que foi identificado.

Para isso, cabe destacar, inicialmente, as informações sobre a classificação dos eventos de secas ou estiagens. De uma forma geral, de acordo com Castro (2003), o conceito de estiagem é relacionado à redução de precipitações pluviométricas, atraso de períodos chuvosos ou ausência de chuvas previstas para determinada época, em momentos em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição. Nesse sentido, ainda de acordo com o mesmo autor, o fenômeno da estiagem é considerado quando é verificado um atraso superior a 15 dias do início da temporada de chuvas e quando as médias de precipitação nos meses chuvosos são inferiores a 60% da média do período histórico de longo termo.

Quando de sua ocorrência, as estiagens levam a reflexos sobre as reservas hidrológicas, ocasionando a redução nas vazões escoadas nos corpos hídricos da bacia e, conseqüentemente, impactos sobre a disponibilidade hídrica e os usos da água. Assim, de acordo com o nível da redução ocorrida nas chuvas ou do atraso no início do período chuvoso, a magnitude dos impactos também pode variar. E esses impactos podem ser relacionados a aspectos sociais, econômicos ou ambientais, influenciando captações e outros usos das águas da bacia.

De forma complementar, os eventos de secas são considerados como estiagens prolongadas, sendo caracterizados por provocar a redução das reservas hídricas existentes. Dessa forma, segundo Kobayama et al. (2006), o evento de seca pode ser indicado como uma forma crônica do efeito da estiagem, sendo considerado atualmente um dos desastres naturais de maior ocorrência e impacto no mundo.

Campos (1997) *apud* UFSC (2013) classifica o fenômeno das secas em três diferentes tipos:

- Climatológica: que ocorre quando a pluviosidade é baixa em relação às normais da área;

- Hidrológica: quando a deficiência ocorre no estoque de água dos rios e açudes; e
- Edáfica: quando o déficit de umidade é constatado no solo.

Um aspecto a ser ressaltado é que, além de fatores climáticos de escala global, como eventos de La Niña ou El Niño, Kobiyama et al. (2006) ressaltam, ainda, que características geoambientais podem condicionar a frequência, duração e intensidade dos desastres em questão e, conseqüentemente, de seus danos e prejuízos. Como exemplo, formas de relevo e altitude da área podem influenciar o deslocamento de massas de ar, interferindo na formação de nuvens e, conseqüentemente, influenciando a precipitação na região.

Para a identificação dos eventos de secas e estiagens ocorridos na bacia, foram inicialmente verificadas as informações de registros e reconhecimentos presentes no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID. De acordo com o sistema em questão, em consulta realizada em fevereiro de 2021, não há, atualmente, nenhum reconhecimento de seca ou estiagem vigente na bacia. O Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (UFSC, 2013) apresenta a relação de eventos reconhecidos e registrados por município e por estado para o período de 1991 a 2012. Em complemento, foram baixadas as informações de reconhecimentos e registros e foram sistematizadas para cada um dos municípios da bacia para o período de 2013 a 2020.

O Quadro 4.1 e o Quadro 4.2 apresentam a relação de eventos identificados de secas e estiagens no sistema S2ID e no Atlas nos municípios das porções mineira e fluminense. Não foi identificado nenhum registro na porção paulista. No caso de Minas Gerais, foram identificados eventos apenas a partir de 2002, enquanto no Rio de Janeiro foram identificados eventos a partir de 2001.

Quadro 4.1 – Eventos reconhecidos e registrados de secas e estiagens no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais e no sistema S2ID na porção mineira da bacia

Município	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Antônio Prado de Minas						1														1
Dona Eusébia													1							1
Goianá						1														1
Guidoval														1						1
Lima Duarte														2						2
Paiva																			1	1
Recreio																1				1
Rodeiro	1																			1
Ubá														1						1
Total	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	4	0	1	0	0	1	10

Fonte: Elaborado pelo Consórcio

Quadro 4.2 – Eventos reconhecidos e registrados de secas e estiagens no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais e no sistema S2ID na porção fluminense da bacia.

Município	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Aperibé																	1				1
Cambuci																	1				1
Campos dos Goytacazes										1							1				2
Cardoso Moreira	1																1				2
Italva										1							1		1		3
Itaocara																	1				1
Itaperuna							1			1							1				3
Laje do Muriaé																	1				1
Miracema										1							2		1	1	5
Natividade							1			2							1				4
Porciúncula															1	1					2
Quissamã	1																				1
Rio Claro															1						1
Santa Maria Madalena																	1				1
Santo Antônio de Pádua																	1				1
São Fidélis																	2				2
São Francisco de Itabapoana	1									1					1		1				4
São João da Barra																	1				1

Município	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
São José de Ubá																	1				1
São José do Vale do Rio Preto																	1				1
Varre-Sai														1			1				2
Total	3	0	0	0	0	0	2	0	0	7	0	0	0	1	3	1	20	0	2	1	40

Fonte: Elaborado pelo Consórcio

Como pode ser observado nos dois quadros acima, o número de eventos identificados foi bastante reduzido, ressaltando inclusive o fato de não ter sido identificado nenhum registro ou reconhecimento de seca ou estiagem nos municípios da parte paulista da bacia. Assim, as informações foram complementadas com base em consultas diretas à defesa civil dos municípios e outras fontes de dados. Nesse sentido, o anexo digital a este documento apresenta o inventário completo com as fontes de informações, mas do Quadro 4.3 até o Quadro 4.5 é possível verificar a síntese quantitativa em termos de eventos identificados por município e por estado.

Em seguida, o gráfico da Figura 4.1 mostra uma síntese a cada ano dos eventos identificados nos três estados. Apesar da grande diferença quantitativa de eventos identificados nos três estados, verifica-se de forma clara que os anos de 2014 e 2015 foram os mais críticos, com secas ou estiagens inventariadas em todos os estados. Além desses anos, particularmente para o estado do Rio de Janeiro, foi identificado um número elevado de eventos no ano de 2017, possivelmente devido a algum fenômeno de seca ocorrido de forma localizada.

Quadro 4.3 – Relação completa de eventos inventariados de secas e estiagens na porção mineira da bacia.

Município	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	S/D	Total
Antônio Prado de Minas						1															1
Dona Eusébia													1								1
Goianá						1															1
Guidoval														2						1	3
Lima Duarte														2							2
Paiva																			1		1
Recreio													5								5
Rodeiro	1													1							2
Ubá														1							1
Visconde do Rio Branco														2							2
Total	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	6	8	0	0	0	0	1	1	19

Fonte: Elaborado pelo Consórcio
Legenda: S/D – Evento identificado sem data

Quadro 4.4 – Relação completa de eventos inventariados de secas e estiagens na porção fluminense da bacia.

Município	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	S/D	Total
Aperibé														1			1				1	3
Cambuci														1			1				1	3
Campos dos Goytacazes										1							1					2
Cantagalo																					1	1
Cardoso Moreira	1													1							1	3
Cordeiro																					1	1
Italva										1				1			1		1		2	6
Itaocara																	1				1	2
Itaperuna							1			1				1			1				1	5
Laje do Muriaé														1			1				1	3
Miracema										1				2			2		1	1	2	9
Natividade							1			2				1			1				1	6
Porciúncula														1	1	1	1					4
Quissamã	1													1								2
Rio Claro															2							2
Santa Maria Madalena																	1				1	2

Município	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	S/D	Total
Santo Antônio de Pádua														1			1				1	3
São Fidélis														1			2				1	4
São Francisco de Itabapoana	1									1				1	1		1				1	6
São João da Barra														2			1				1	4
São José de Ubá														1			1				1	3
São José do Vale do Rio Preto																	1				1	2
São Sebastião do Alto																	1					1
Varre-Sai														2			1				1	4
Total	3	0	0	0	0	0	2	0	0	7	0	0	0	19	4	1	21	0	2	1	21	81

Fonte: Elaborado pelo Consórcio
Legenda: S/D – Evento identificado sem data

Quadro 4.5 – Relação completa de eventos inventariados de secas e estiagens na porção paulista da bacia.

Município	2014	2015	Total
Natividade da Serra		1	1
Paraibuna	1	1	2
Redenção da Serra		2	2
Santa Isabel	1		1
Total	2	4	6

Fonte: Elaborado pelo Consórcio

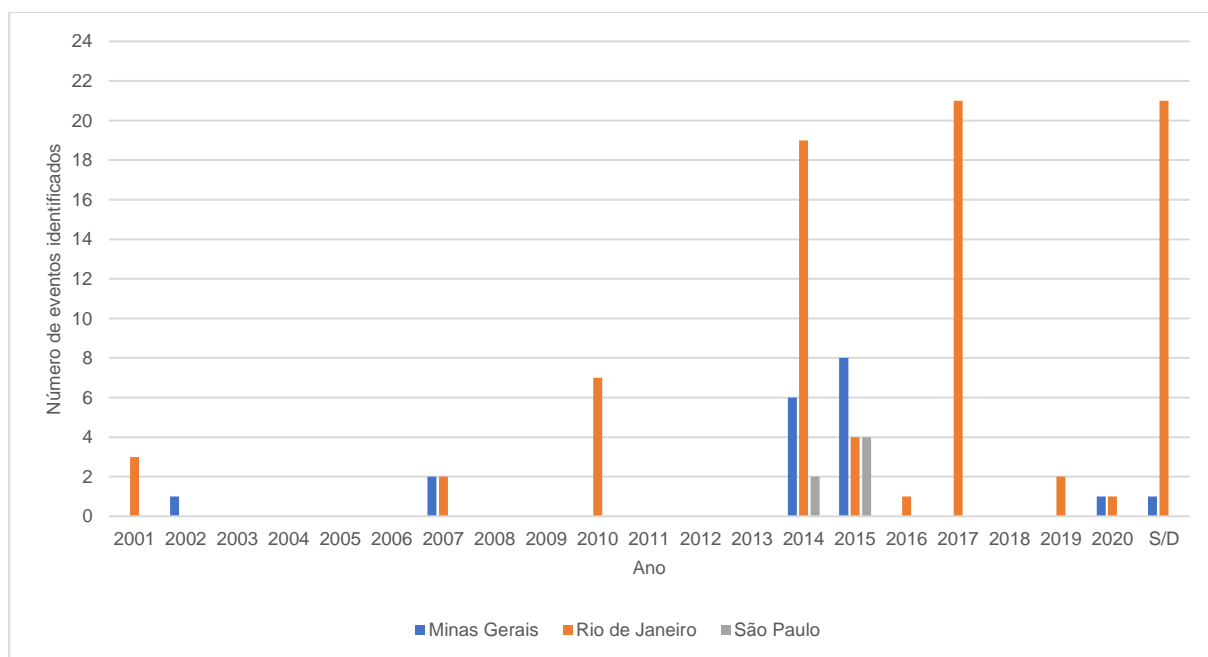


Figura 4.1 – Comparação entre o número de eventos identificados em cada estado na bacia.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio

4.2 Cheias

Segundo as tipologias de eventos críticos e que podem ter impactos relacionados diretamente aos recursos hídricos da bacia hidrográfica, foram avaliados os eventos de cheias, envolvendo enxurradas, alagamentos e inundações.

Segundo a classificação COBRADE – Codificação Brasileira de Desastres, as enxurradas são consideradas para os eventos de escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte. Nesse sentido, segundo UFSC (2013), são considerados como “*escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracteriza-se pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial.*” Com isso, de uma forma geral, tratam-se de eventos súbitos, com pouco tempo de alerta e cuja área de ocorrência é pequena, tratando-se de pequenas sub-bacias, normalmente vales encaixados e vertentes com altas declividades.

Os alagamentos são caracterizados por eventos que levem à extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e conseqüente acúmulo de água em ruas, calçadas e outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas e da topografia suave (Cerri, 1999). Dessa forma, tratam-se de eventos diretamente relacionados aos sistemas de drenagem urbana e, portanto, devem ser tratados em ambientes municipais, mais especificamente os Planos Diretores de Drenagem Urbana – PDDUs.

As inundações são consideradas, segundo a classificação COBRADE (UFSC, 2013), como “*submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.*” Assim, são eventos

temporários que tratam do escoamento de vazões elevadas em um curso de água, com inundação de terrenos marginais considerando o transbordamento do corpo hídrico.

Castro (2003) indica que as inundações graduais são caracterizadas por uma elevação paulatina e previsível das águas, mantendo-se em situação de cheia durante um tempo. Tratam-se de eventos naturais que ocorrem com determinada periodicidade nos cursos de água, sendo mais características de rios de planície. É um evento que evolui de forma previsível de montante para jusante com o desenvolvimento de ondas de cheia.

Dessa forma, descritos os eventos acima, considera-se mais adequados para a análise deste estudo os eventos de inundações, tratando-se de transbordamentos fluviais e de maior porte para os corpos hídricos da bacia.

Seguindo o mesmo princípio apresentado para os eventos de estiagem, foram identificados os eventos de inundações dispostos no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (UFSC, 2013) e no sistema S2ID, sendo apresentados por município e por estado do Quadro 4.6 até o Quadro 4.8.

Quadro 4.6 – Eventos reconhecidos e registrados de inundações no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais e no sistema S2ID na porção mineira da bacia.

Município	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Além Paraíba															1					1
Antônio Carlos								1												1
Argirita						1														1
Astolfo Dutra											1									1
Barbacena	1			1																2
Belmiro Braga							2			1										3
Bicas			1	1																2
Carangola							1	1	1		1									4
Cataguases			1				1				1						3			6
Coronel Pacheco			1		1															2
Divinésia		1	1								1									3
Dona Eusébia		1		1			1				2						1		1	7
Ervália		1				1														2
Estrela Dalva							1													1
Eugenópolis					1						1						1			3
Ewbank da Câmara						1														1
Faria Lemos								1												1
Fervedouro						1		1												2
Goianá			1			1														2

Município	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Guarani				1			1				1									3
Guarará					1	1														2
Guidoval			1			1	1					1					1			5
Guiricema			1						1											2
Juiz de Fora			1		1	1									1					4
Laranjal			1																	1
Leopoldina		1																		1
Lima Duarte						1		1												2
Mar de Espanha		1																		1
Matias Barbosa						1							1							2
Mercês															1					1
Miradouro		1		1		1	1			1										5
Mirafá										1	2						1			4
Muriaé										2										2
Paiva			1																	1
Passa-Vinte		1								1										2
Patrocínio do Muriaé									1		1									2
Pirapetinga											1									1
Piraúba			1			1														2
Recreio			1																	1
Rio Novo			1			2														3

Município	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Rio Preto										1							1			2
Rodeiro											1									1
Rosário da Limeira								1			1									2
Santa Bárbara do Tugúrio															1					1
Santa Bárbara do Monte Verde			2			1														3
Santa Rita de Jacutinga		1								1										2
Santos Dumont											1									1
São Francisco do Glória								1			1									2
São Geraldo						1		1		1	1									4
São João Nepomuceno						2														2
São Sebastião da Vargem Alegre											1									1
Senador Cortes										1	1									2
Simão Pereira								1												1
Tabuleiro							1	2												3
Tombos		1					1													2
Ubá				1																1
Vieiras					1			2												3
Volta Grande				1						1										2

Município	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Total	1	9	15	7	5	18	11	13	3	11	19	1	1	0	4	0	8	0	1	127

Fonte: Elaborado pelo Consórcio

Quadro 4.7 – Eventos reconhecidos e registrados de inundações no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais e no sistema S2ID na porção fluminense da bacia.

Município	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Aperibé								2	2
Cambuci								1	1
Campos dos Goytacazes							1	1	2
Carmo				1					1
Itaocara								1	1
Quatis	1								1
Santo Antônio de Pádua								1	1
São Francisco de Itabapoana							1	2	3
Sapucaia				1					1
Sumidouro						1			1
Trajano de Moraes						1			1
Três Rios						1			1
Valença				1			1	1	3
Total	1	0	0	3	0	3	3	9	19

Fonte: Elaborado pelo Consórcio

Quadro 4.8 – Eventos reconhecidos e registrados de inundações no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais e no sistema S2ID na porção paulista da bacia.

Município	1995	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Aparecida							1	1	2										4
Arapeí		1																	1
Caçapava								1											1
Cachoeira Paulista	1									1									2
Canas								1											1
Cruzeiro			1							1									2
Cunha								1		1									2
Guararema									1										1
Guaratinguetá											1								1
Guarulhos								1	2	2									5
Itaquaquecetuba									1										1
Jacareí									1										1
Lagoinha											1								1
Mogi das Cruzes								1											1
Natividade da Serra								1											1
Piquete										1									1
Queluz									1		1								2
São José dos Campos											1								1
São Luiz do Paraitinga									1		1								2

Município	1995	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Taubaté											1								1
Total	1	1	1	0	0	0	1	7	9	6	6	0	0	0	0	0	0	0	32

Fonte: Elaborado pelo Consórcio

Considerando o baixo número de eventos identificados, foram buscadas informações em outras fontes de dados por meio das bases já apresentadas no capítulo anterior, exemplificando o levantamento direto junto à defesa civil dos municípios. O anexo digital a este documento apresenta o inventário completo com as fontes de informações, mas do Quadro 4.9 ao Quadro 4.11 é possível observar a síntese quantitativa em termos de eventos por município e por estado. Vale destacar o número excessivo de eventos em algumas cidades do estado de São Paulo, mais especificamente Guarulhos, Itaquaquecetuba e Mogi das Cruzes, que se deve à forma de reporte, englobando eventos de inundações fluviais em áreas urbanas, indicados de forma específica por rua ou local inundado. Ressalta-se, mais uma vez, que tais municípios não têm toda sua área dentro da bacia, inclusive com sede localizada em área externa à bacia.

Para o Estado de Minas Gerais, cabe destacar os municípios de Além Paraíba, Cataguases, Dona Eusébia, Guidoal, Juiz de Fora, Muriaé, Palma, Santos Dumont, Tocantins e Tabuleiro, que apresentaram mais de 10 eventos identificados no período em análise (Quadro 4.9). No estado do Rio de Janeiro, destacam-se os municípios de Aperibé, Campos dos Goytacazes e Petrópolis, especialmente este último, que teve mais de 50 eventos identificados (Quadro 4.10). Por fim, no estado de São Paulo destacam-se, como dito anteriormente, municípios com sede fora da bacia, sendo Arujá, Guarulhos, Itaquaquecetuba e Mogi das Cruzes, tendo 32, 1053, 286 e 998 registros, respectivamente. Cabe citar, ainda, o elevado número de ocorrências em Guararema, Santa Isabel e São José dos Campos, tendo 40, 17 e 13 registros, respectivamente (Quadro 4.11).

Deve-se ressaltar que os dados apresentados nos quadros a seguir são referentes ao inventário total, contabilizando os eventos ocorridos nos municípios, mas não necessariamente na bacia. O recorte desses dados, para o limite da bacia, é detalhado no Capítulo 6.

Quadro 4.9 – Relação completa de eventos inventariados de inundações na porção mineira da bacia.

Município	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	s/d	Total
Além Paraíba														13							13
Antônio Carlos																					0
Antônio Prado de Minas																					0
Aracitaba																					0
Argirita					2																2
Astolfo Dutra										1								1			2
Barão de Monte Alto																					0
Barbacena																	3				3
Belmiro Braga						3			1												4
Bias Fortes																					0
Bicas		1	1																		2
Bocaina de Minas																					0
Bom Jardim de Minas																					0
Carangola						1	2	1	1	2								1			8
Cataguases		1				2				2					3	5		2			15
Chácara																					0
Chiador																					0
Coronel Pacheco		1		1																	2
Descoberto																					0

Município	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	s/d	Total
Desterro de Melo																					0
Divinésia																		2			2
Divino																					0
Dona Eusébia	1		2			2				3						2		4		1	14
Ervália					1											2		3			6
Estrela Dalva						1															1
Eugenópolis				2		1				1						3				1	7
Ewbank da Câmara					2													1			3
Faria Lemos							2														2
Fervedouro					1		1														2
Goianá		1			1																2
Guarani			2			1				1											4
Guarará				1	1																2
Guidoval		1			2	2					1					5		1		1	12
Guiricema		1						1										2			4
Itamarati de Minas																					0
Juiz de Fora		1		1	1									17				2	1		22
Laranjal		1																			1
Leopoldina	1																				1
Lima Duarte					2		1						3								6
Mar de Espanha	1																				1

Município	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	s/d	Total	
Maripá de Minas					2							1	1								4	
Matias Barbosa																						0
Mercês														2						1		2
Miradouro	1		1	1	1	2			1													7
Miraí									1	3						4		1		1		9
Muriaé									3		6			1				4				14
Olaria																						0
Oliveira Fortes																						0
Orizânia																						0
Paiva		1																				1
Palma													17									17
Passa-Vinte	1								1													2
Patrocínio do Muriaé	1								1	1								1	1			4
Pedra Dourada												1										1
Pedro Teixeira																						0
Pequeri																						0
Piau														3								3
Pirapetinga										2												2
Piraúba		1			1																	2
Recreio		1			1																	2
Rio Novo		1			3																	4

Município	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	s/d	Total
Rio Pomba																					0
Rio Preto								1								3				2	4
Rochedo de Minas																					0
Rodeiro										1											1
Rosário da Limeira							2			1											3
Santa Bárbara do Monte Verde		2			2																4
Santa Bárbara do Tugúrio														3						1	3
Santa Rita de Ibitipoca																					0
Santa Rita de Jacutinga	1								1												2
Santana de Cataguases																					0
Santana do Deserto																					0
Santo Antônio do Aventureiro																					0
Santos Dumont										1				22					3		26
São Francisco do Glória							2			1											3
São Geraldo					2		2		2	2											8
São João Nepomuceno					3									1							4

Município	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	s/d	Total
São Sebastião da Vargem Alegre										2	3										5
Senador Cortes									1	1											2
Silveirânia																					0
Simão Pereira							1				4										5
Tabuleiro						1	3							7							11
Tocantins														19							19
Tombos	1					2															3
Ubá			2											1		3		2			8
Vieiras				2			3														5
Visconde do Rio Branco																1					1
Volta Grande			1						1												2
Total	8	14	9	8	28	18	19	3	14	25	14	2	21	89	3	28	6	27	2	8	336

Fonte: Elaborado pelo Consórcio
Legenda: S/D – Evento identificado sem data

Quadro 4.10 – Relação completa de eventos inventariados de inundações na porção fluminense da bacia.

Município	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	S/ D	Total
Aperibé					2	2			1	1		1		3								2			12
Areal																		4		1					5
Barra do Pirai															1										1
Barra Mansa		1				1		1			1	1										1		1	7
Bom Jardim	1								1																2
Cambuci						1			1	1	1			1											6
Campos dos Goytacazes						2	1			2	2		2	1								1	1		12
Cantagalo														1											1
Carapebus																									0
Cardoso Moreira						1	1		1	1	2			1											7
Carmo													1												1
Comendador Levy Gasparian						1																			1
Conceição de Macabu																									0
Cordeiro													1												1
Duas Barras																									0

Município	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	S/ D	Total
Engenheiro Paulo de Frontin																									0
Italva						1	1		1	1				1											5
Itaocara														1								1			2
Itaperuna						1	1		2	1			1	1											7
Itatiaia																									0
Laje do Muriaé									1	1	2			1											5
Macuco						1	1		1	1			1												5
Mendes													2		1										3
Miguel Pereira																									0
Miracema						1																			1
Natividade					1	1				1				1											4
Nova Friburgo									1									2		1		3			7
Paraíba do Sul	1										2	2													5
Paty do Alferes											1			1											2
Petrópolis			1			2					1	1		1				5	10	12	9	12			54
Pinheiral												1													1
Piraí																									0

Município	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	S/ D	Total
Porciúncula							1		1	1	1		1	1											6
Porto Real	1																								1
Quatis															8										8
Quissamã							1																		1
Resende		1													2										3
Rio Claro																									0
Rio das Flores																									0
Santa Maria Madalena														1											1
Santo Antônio de Pádua						1				1		1		1			4					1			9
São Fidélis						1							1	1											3
São Francisco de Itabapoana					1		1		1		1			1								1	2		8
São João da Barra									1					1											2
São José de Ubá														1											1
São José do Vale do Rio Preto									1									3							4

Município	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	S/ D	Total
São Sebastião do Alto														1											1
Sapucaia										1								5							6
Sumidouro																				1					1
Teresópolis			1									4						3					1		9
Trajano de Moraes																				1					1
Três Rios		1																		1					2
Valença																		1			1	1			3
Varre-Sai						1								1											2
Vassouras																									0
Volta Redonda																						1		1	2
Total	3	3	2	0	4	18	8	1	14	13	14	11	10	23	12	0	4	23	10	17	12	26	1	2	231

Fonte: Elaborado pelo Consórcio
Legenda: S/D – Evento identificado sem data

Quadro 4.11 – Relação completa de eventos inventariados de inundações na porção paulista da bacia.

Município	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Aparecida																	1	1	2										4
Arapeí												1																	1
Areias																													0
Arujá													1				2	14	4				5			6			32
Bananal																													0
Caçapava																		1									1	2	
Cachoeira Paulista			1																	1	1								3
Canas																				1									1
Cruzeiro													1							1									2
Cunha																		1		1				1		2	1	6	
Guararema									1			1					8	10	2							18		40	
Guaratinguetá																					1								1
Guarulhos							9	1	12		2	5	4	5	46	70	181	100	203	83	69	186	31	29	7	3	2	5	1053
Igaratá																													0
Itaquaquecetuba			17	3	2		13		2		1	2					7	21	21		9	15	12	104	16	36	1	4	286
Jacareí																			1										1
Jambeiro																													0
Lagoinha																					1								1
Lavrinhas																													0
Lorena																													0
Mogi das Cruzes	21	41	117	83	71	39	58	61	62	6	26	33	30	23	13	30	40	157	38	31	1	1	1	2		12	1		998
Monteiro Lobato																													0

Município	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Natividade da Serra																		1										1	
Paraibuna																													0
Pindamonhangaba																													0
Piquete																				1									1
Potim																													0
Queluz																			1										1
Redenção da Serra																													0
Roseira																													0
Santa Branca																													0
Santa Isabel																		1						12		4			17
São José do Barreiro																													0
São José dos Campos																					8						3	2	13
São Luiz do Paraitinga				1														1	1										3
Silveiras																													0
Taubaté																					2								2
Tremembé																													0
Total	21	41	135	87	73	39	80	62	77	8	29	43	36	28	59	100	239	312	273	119	92	202	49	148	23	90	7	13	2485

Fonte: Elaborado pelo Consórcio

4.3 Movimentos de Massa

Os altos índices pluviométricos da região serrana do Rio de Janeiro com proximidade à costa atlântica, condicionados à geomorfologia acidentada e o substrato rochoso definido pelas rochas metamórficas, caracterizadas pelos Grandes Lineamentos do Sudeste Brasileiro, em destaque a falha de Além Paraíba (SADOWSKY e CAMPANHA, 2004), deixam a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, com alta suscetibilidade natural à ocorrência de movimentos de massa, característica que quando associada a um histórico secular de uso e ocupação do solo desordenado, por vezes com práticas agrícolas mal planejadas, propiciam a ocorrência de riscos de movimentos de massa de grande relevância, em que os maiores expoentes são os escorregamentos generalizados e corridas de detritos, ou simplesmente corridas de massa. Ainda aqui destaca-se que o foco deste trabalho, no estudos dos riscos para uso dos recursos hídricos, limita as análises dos movimentos de massa apenas aos grandes eventos, que uma vez ocorridos, impedem localmente ou regionalmente a continuidade do uso dos recursos hídricos, por vezes ponderando os efeitos do assoreamento causado no processo, mas relevando a segundo plano os riscos ao patrimônio material e as vidas humanas, onde cabe ressaltar que embora importância reconhecida, esse tema difere dos objetivos iniciais deste estudo.

Os relatórios de situação da bacia do rio Paraíba do Sul costumam apresentar em seu capítulo de eventos críticos, um breve panorama com base nos registros de eventos críticos na Bacia, com ênfase nos eventos de pluviosidade extrema. Ainda no âmbito de estudos para os recursos hídricos, em 2014 a publicação do estudo de elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro (COPPETEC, 2014), apresentou um capítulo de Vulnerabilidades a eventos críticos, que apresentou boa compilação das vulnerabilidades a deslizamentos, das 3 principais fontes citadas no trabalho i) O Projeto Rio de Janeiro (CPRM, 2000), que produziu diversos estudos e mapas regionais, para todo o estado, especialmente o Mapa Geoambiental, que contém uma visão geral da suscetibilidade à erosão e a deslizamentos no estado; ii) Registros da Defesa Civil, das ocorrências de desastres naturais no estado, especificamente os dados sobre deslizamentos ocorridos a partir de 2000; e iii) O mapeamento de risco iminente a escorregamentos, por município, realizado pelo Serviço Geológico do Estado (DRM-RJ) em parceria com outras instituições. As fontes foram revistas e o material compilado para o banco de dados, para compor as análises de riscos nas etapas subsequentes do projeto.

Seguindo, as informações sobre os movimentos de massa no trecho paulista, foram sistematizados em iniciativa da Defesa Civil Estadual (Casa Militar) e convênio com o Instituto Geológico da Secretaria de Infraestrutura em Meio Ambiente do Estado de São Paulo, cabe citar a iniciativa do Cadastro de Eventos Geodinâmicos de 50 municípios, que alguns municípios da bacia estavam na abrangência, cujos registros de desastres ocorreram de 1993 a 2013 e, posteriormente, foram atualizados dentro do sistema do IG – Instituto Geológico. Os dados sobre os trabalhos de gestão de riscos de desastres no Estado de São Paulo, estão centralizados na página do Sistema Integrado de Defesa Civil (SIDEV 2021). O Quadro 4.12 apresenta um resumo dos trabalhos de risco compilados e disponíveis para uso das futuras etapas deste projeto, para o trecho paulista. Dos municípios apresentados no quadro em questão, apenas Aparecida, Jacareí e São José dos Campos possuem PMRR – Plano Municipal de Redução de Risco, sendo elaborados nos anos de 2017, 2006 e 2018, respectivamente.

Quadro 4.12 – Dados sobre áreas de risco de movimentos de massa mapeados nos municípios do trecho paulista da BPS.

Municípios	Mapeamento de Risco	Ano	Quantidade de Áreas Mapeadas
1.Aparecida	Sim	2011	19
2.Arapeí	Sim	2014	2
3.Areias	Sim	2013	5
4.Bananal	Sim	2013	9
5.Caçapava	Sim	2012	17
6.Cachoeira Paulista	Sim	2014	5
7.Canas	Sim	2014	2
8.Cruzeiro	Sim	2013	7
9.Cunha	Sim	2017	10
10.Guararema	Sim	2020	33
11.Guaratinguetá	Sim	2012	40
12.Igaratá	Sim	2014	4
13.Jacareí	Não	-	15*
14.Jambeiro	Sim	2008	4
15.Lagoinha	Sim	2014	2
16.Lavrinhas	Sim	2013	5
17.Lorena	Sim	2015	11
18.Monteiro Lobato	Sim	2015	4
19.Natividade da Serra	Sim	2008	5
20.Paraibuna	Sim	2008	15
21.Pindamonhangaba	Sim	2012	8
22.Piquete	Sim	2018	12
23.Potim	Sim	2015	0
24.Queluz	Sim	2013	5
25.Redenção da Serra	Sim	2012	3
26.Roseira	Sim	2011	4
27.Santa Branca	Sim	2012	7
28.Santa Isabel	Sim	2020	8
29.São José do Barreiro	Sim	2015	5
30.São José dos Campos	Não	-	56*
31.São Luiz do Paraitinga	Sim	2008	11
32.Silveiras	Sim	2015	3
33.Taubaté	Sim	2012	17
34.Tremembé	Sim	2012	8
Total	-	-	307

* Áreas mapeadas constam do PMRR.

Fonte: elaborado pelo Consórcio

Os dados de movimentos de massa referentes ao estado de Minas Gerais não foram sistematizados como ocorrência em nenhuma plataforma estadual, exceto pelo registro de ter ocorrido eventos do tipo em cada município em planilha fornecida pela Defesa Civil Estadual-MG, separados por tipo de evento, por município, por ano. Esses dados foram incorporados ao inventário, e serão detalhados nas análises das fases posteriores deste estudo. Para o Rio de Janeiro não foi identificada base de dados específica sobre o tema.

Por fim, cita-se algumas fontes de dados organizados por entidades federais, mas que apresentam diferentes tipos de finalidades, de maneira similar esses dados foram analisados e incorporados, cita-se os cadastrados:

- O S2ID – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC, com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão. Nesta plataforma é possível:
 - Registrar desastres ocorridos no município/estado;
 - Consultar e acompanhar os processos de reconhecimento federal de situação de emergência ou de estado de calamidade pública;
 - Consultar e acompanhar os processos de transferência de recursos para ações de resposta;
 - Consultar e acompanhar os processos de transferência de recursos para ações de reconstrução;
 - Buscar informações sobre ocorrências e gestão de riscos e desastres com base em fontes de dados oficiais.
- CEMADEN: mantém um banco de dados intitulado REINDESC – Registro de Inundações e Deslizamentos do CEMADEN, que busca organizar as informações de um dado evento ocorrido, coletando informações sobre Magnitude do Evento, Precisão de horário da ocorrência e Precisão de Localização da Ocorrência;
- Serviço Geológico do Brasil – CPRM: Setorização de Áreas de Risco Geológico corresponde a documentos cartográficos que representam as áreas sob "situação de perigo, perda ou dano, ao homem e suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência de processos geológicos, induzidos ou não" (CERRI, 1993). As áreas de risco geológico se restringem às regiões atualmente ocupadas e, portanto, são constituídas por uma ou mais edificações propensas a serem atingidas e danificadas por um dado evento geológico, seja ele natural ou induzido por ações humanas.

4.3.1 Corrida de Massa

Como primeiro registro de eventos descritos como corrida de massa na bacia, pode-se citar o evento de dezembro de 1948, que atingiu afluentes mineiros dos rios Pomba e Muriaé e do Baixo Paraíba do Sul, em uma área de 1.500 km², e abrangendo os municípios de Além Paraíba, Leopoldina, Volta Grande e Pirapetinga, em Minas Gerais, e Santo Antônio de Pádua, no Rio de Janeiro também foi atingida pela corrida de massa de grandes proporções (STERNBERG, 1949). O evento gerou um volume de 160.000 m³ de material remobilizado e a sedimentação excessiva, por debris flow, alterou a profundidade e a geometria das calhas fluviais dos rios Angu e Pirapetinga (STERNBERG, 1949; GRAMANI, 2001). Na época foi decretado estado de calamidade pública e o evento ganhou repercussão nacional. O número de vítimas fatais chegou a ultrapassar 250 e os prejuízos foram incontáveis (A NOITE, 1948; DIÁRIO DA NOITE, 1948), contudo os registros específicos sobre os impactos no uso dos recursos hídricos não foram obtidos.

No trecho paulista da bacia do rio Paraíba do Sul há registros de dois eventos de corrida de massa e escorregamentos rasos apenas no município de Lavrinhas – SP. Em dezembro de 1986 o evento atingiu os rios Paiol e Jacu, no bairro Retiro dos Barbosas, onde também foram registradas 11 vítimas fatais. O material remobilizado, formado por cerca de 50% de blocos, 30% de matacões e 20% de areias e finos, representa o quarto nível observado na coluna estratigráfica de depósitos recentes gerados por este tipo de fenômeno na região (IPT, 1988,

GRAMANI, 2001). Em janeiro de 2000, na Fazenda do Mato Quieto, outra corrida de massa atingiu, predominantemente, o córrego seco, um afluente do rio do Braço, se restringindo aos canais de drenagem (GRAMANI, 2018).

Antes da tragédia das Serras Fluminenses de 2011, Petrópolis já tinha sofrido ao menos um evento de pluviosidade extrema, quando em fevereiro de 1988, os altos índices de chuva deflagraram a ocorrência de escorregamentos rasos generalizados e de corrida de massa, mas apenas um curso d'água de pequena expressão foi atingido. Este evento foi responsável por 6 vítimas fatais e 4.263 edificações impactadas, desabrigando 600 pessoas, intenso carreamento de sedimentos foi registrado, contudo não foi possível coletar informações dos detalhes sobre o impacto no uso dos recursos hídricos e nem a extensão desse impacto.

Um dos mais relevantes eventos, em extensão, magnitude e impactos, ocorreu no ano de 2011 e atingiu a região do CBH Piabanha e Rio Dois Rios, abrangendo os municípios de Areal, na Região Centro-Sul Fluminense, e os municípios de Nova Friburgo, Teresópolis, Petrópolis, Sumidouro, Bom Jardim e São José do Vale do Rio Preto, na Região Serrana do Rio de Janeiro. Tais áreas foram palco de corridas de massa e escorregamentos rasos generalizados causados pelos altos índices pluviométricos realimentados pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (CENAD, 2021). Esse evento atingiu grande extensão incluindo os rios Preto, Paquequer e Piabanha, sendo considerado como o de maior quantitativo de vítimas fatais provocadas por desastres naturais (40% do total nacional entre 1988 e 2012). Na época, foram registradas 912 vítimas fatais e mais de 45.000 pessoas desabrigadas e desalojadas. Nova Friburgo e Teresópolis foram as cidades mais impactadas, enquanto Areal, Bom Jardim e São José do Vale do Rio Preto foram atingidos indiretamente pelos efeitos do processo. Em Petrópolis o rastro, de sentido W-E/NE, teve início em Itaipava, a 10 km do centro, e causou destruição mais restrita, já que, apesar da sua extensão, de 15 km e 20-40 m de largura, o escorregamento atingiu apenas o Vale do Cuiabá.

BIRD (2012) apresentou um relatório intitulado “Avaliação de Perdas e Danos: Inundações e Deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro – Janeiro de 2011”, em que um dos itens refere-se ao setor de infraestrutura de água e saneamento. De acordo com os relatórios de avaliação de danos dos municípios afetados, nove estações de tratamento de água foram atingidas, assim como 87.500 metros da rede de distribuição de água. Além disso, 39.600 metros da rede coletora de esgoto também foram danificados pelo desastre. As perdas e danos foram estimados em R\$ 457 milhões.

Também cita-se outra ocorrência em Minas Gerais, em janeiro de 2016, no município de Simão Pereira, na região dos afluentes mineiros dos rios Preto e Paraibuna. O acumulado de três dias de chuvas resultou em alagamentos e deslizamentos na região. O material mobilizado atingiu os rios do Peixe e Paraibuna, contudo os relatórios obtidos no sistema S2id não informaram os problemas relacionados aos recursos hídricos.

4.3.2 Deslizamentos

No período entre os anos de 1993 e 2021 foram registrados 1928 deslizamentos que de alguma forma afetaram toda a região da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. São Paulo foi o estado com o maior número de ocorrências, 1.506, seguido pelo Rio de Janeiro, com 323 e Minas Gerais, com 99 registros.

Por meio do Cadastro de Eventos Geodinâmicos, até o ano de 2006, no estado de São Paulo foram registrados 72 deslizamentos entre os municípios de Arujá, Guararema, Salesópolis e,

com maior frequência, Guarulhos, Itaquaquetuba e Mogi das Cruzes. Esses eventos, embora alguns tenham resultado em edificações e moradias afetadas, não geraram impactos às águas. Nenhuma drenagem foi atingida, não houve consequências para o abastecimento e não foram reconhecidas relações com outros riscos.

A partir de 2007, além do Cadastro de Eventos Geodinâmicos, as informações foram obtidas também através de materiais das Defesas Civas, do CEMADEN, do S2ID e das reuniões realizadas. Como reflexo, verifica-se que houve aumento significativo no número de ocorrências, 1433 no total, com destaque para alguns municípios que possuem apenas pequenas áreas dentro da bacia, como é o caso de Guarulhos, Itaquaquetuba, Mogi das Cruzes, além de Arujá, também parcialmente localizado na bacia, onde os casos foram mais recorrentes, até mesmo fora do período chuvoso. Em nenhum dos casos que foram reportados neste período há registro de que as drenagens tenham sido atingidas, bem como não houve impacto nas redes de abastecimento.

Alguns eventos merecem destaque devido ao número de pessoas afetadas e/ou edificações que foram destruídas. Do total de eventos no período citado, 32 registraram edificações destruídas, com destaque para os deslizamentos que ocorreram nos anos de 2011 e 2016, em Guarulhos, que impactaram, respectivamente, 86 e 48 edificações, e nos anos de 2010 e 2017, em Itaquaquetuba, impactando, respectivamente 46 e 64 edificações. Todos esses eventos resultaram em mais de 20 pessoas afetadas. Nos municípios de Guararema e Mogi das Cruzes, em 2010, e em São José dos Campos, nos anos de 2017 e 2018, também há registros de pessoas afetadas, a maioria, desalojadas. Vale destacar que em nenhum desses eventos com impactos em edificações e/ou vítimas, foi feita uma estimativa do volume de material remobilizado pelo deslizamento.

No estado do Rio de Janeiro, os eventos de deslizamentos foram reportados a partir de 2013, afetando 3 e 5 municípios dos CBHs do Baixo e Médio Paraíba do Sul, respectivamente, 5 municípios do CBH Piabanha, 3 municípios do CBH Rio Dois Rios e 4 municípios da Sub-bacia do rio Piraí. Entre os municípios onde deslizamentos não são recorrentes, alguns eventos merecem destaque em virtude do impacto gerado, como é o caso do evento que ocorreu em fevereiro de 2013, no município de Piraí, que afetou 24 bairros, deixando um total de 387 pessoas afetadas e, entre unidades danificadas ou destruídas, um total de 49 unidades habitacionais, 2 instalações públicas e 12 obras de infraestrutura pública.

Em janeiro de 2015, 5 bairros do município de Rio Claro reportaram deslizamentos, deixando 107 pessoas desalojadas. Esse tipo de evento é recorrente no município, que possui registros também nos anos de 2013, 2015 e 2018, no entanto, em nenhum caso as drenagens foram atingidas.

Na Região Serrana, os municípios de Nova Friburgo, Petrópolis e Teresópolis são os que apresentam maior frequência e recorrência de deslizamentos. Em Nova Friburgo foram reportados 17 deslizamentos de pequeno porte entre janeiro de 2016 e abril de 2020 (CEMADEN, 2021). Em nenhum caso houve impacto no abastecimento, mas em 2018 o rio Bonito foi atingido. Em Teresópolis, só em 2016, foram registrados deslizamentos de pequeno porte em 23 bairros.

No município de Petrópolis os deslizamentos são recorrentes, só em março de 2013, ocorreram 47 pontos de deslizamentos. Esse evento afetou 875 unidades habitacionais, além de danos em instalações e obras de infraestrutura pública. O número de afetados, entre

mortos, feridos, desalojados e desabrigados, chegou a 152.277 e apesar destes impactos, não foi relatada interrupção no abastecimento, tampouco os rios foram atingidos.

Em Minas Gerais foram registradas 99 ocorrências de deslizamentos entre março de 2013 e janeiro de 2021, distribuídas em 18 municípios dos CBH dos afluentes mineiros dos rios Preto, Paraibuna, Pomba e Muriaé. Com exceção de um evento no município de Santos Dumont, não houve registro de drenagens atingidas. A maioria dos eventos foi de pequeno porte e não apresenta nova probabilidade de ocorrência. Cerca de 18% desses eventos resultaram em até 5 unidades habitacionais danificadas e os impactos nas instalações públicas e obras de infraestrutura foram pontuais e, em apenas em alguns casos, geraram cortes no abastecimento.

Apenas dois eventos resultaram em maiores impactos, um no município de Bicas, em janeiro de 2016, que deixou 50 unidades habitacionais danificadas devido à queda de uma rua, afetando 120 pessoas. O evento foi causado pelo ressurgimento de uma mina durante o período chuvoso que, com o peso do assentamento e infiltração de águas no subsolo, levou a uma movimentação do talude (S2ID). O outro evento, registrado em dezembro de 2013 no município de Santos Dumont, atingiu total ou parcialmente 35 unidades habitacionais distribuídas em 7 bairros, além de causar danos em vias de acesso e em parte do sistema de drenagem de águas pluviais. O evento também causou contaminação do solo por esgoto sanitário e assoreamento em áreas de preservação permanente ao longo do rio Posses e seus afluentes (S2ID).

Por fim destaca-se a importância da coleta dessas informações de grandes eventos de deslizamentos que, embora por vezes não tenham interrompido o uso dos recursos hídricos regionalmente, com certeza tiveram graves efeitos locais. Cabe ressaltar o alto potencial de assoreamento dos corpos de água de menor porte, que acarreta danos ambientais no quadro geral do gerenciamento dos recursos hídricos.

4.4 Contaminação por Poluentes

Esse item de contaminação dos recursos hídricos por poluentes apresenta destaque, pois podem ser deflagrados por desastres naturais e tecnológicos e, no segundo, podem ser considerados variados tipos de desastres segundo a Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), destacando itens de desastres relacionados à contaminação de água propriamente dito, mas com relação a transporte de produtos perigosos, armazenamento de produtos perigosos, incêndios e etc. Este item também pode se referir aos empreendimentos que podem comportar os produtos perigosos e esse aspecto permite localizar as fontes dos riscos na bacia para este estudo. A principal fonte de informações foram os órgãos de controle ambiental dos 3 estados (CETESB-SP, INEA e FEAM), que mantêm equipes para atendimento de emergências químicas/ambientais. As três agências trabalham na análise dos dados desses desastres, mas não apresentam nenhum tipo de padronização para o acesso aos dados. A CETESB, por meio de sua área de Emergências químicas, apresenta em sua página na internet (CETESB 2021a), 8 relatórios que compreendem os anos de 1983 a 2010, com abrangência estadual e apresentando banco de dados para pesquisa (CETESB 2021b), na qual é possível aplicar filtros para separar os eventos por empreendimento, agência ambiental, ano de ocorrência, UGRHI, municípios, produto derramado, etc. A Figura 4.2 apresenta um gráfico com os atendimentos de acidentes de janeiro de 1978 a janeiro de 2021, somando um total de 12.081 ocorrências, com 4,52% na UGRHI02 (Bacia do Paraíba do Sul, trecho paulista), que equivale a 547 acidentes reportados.

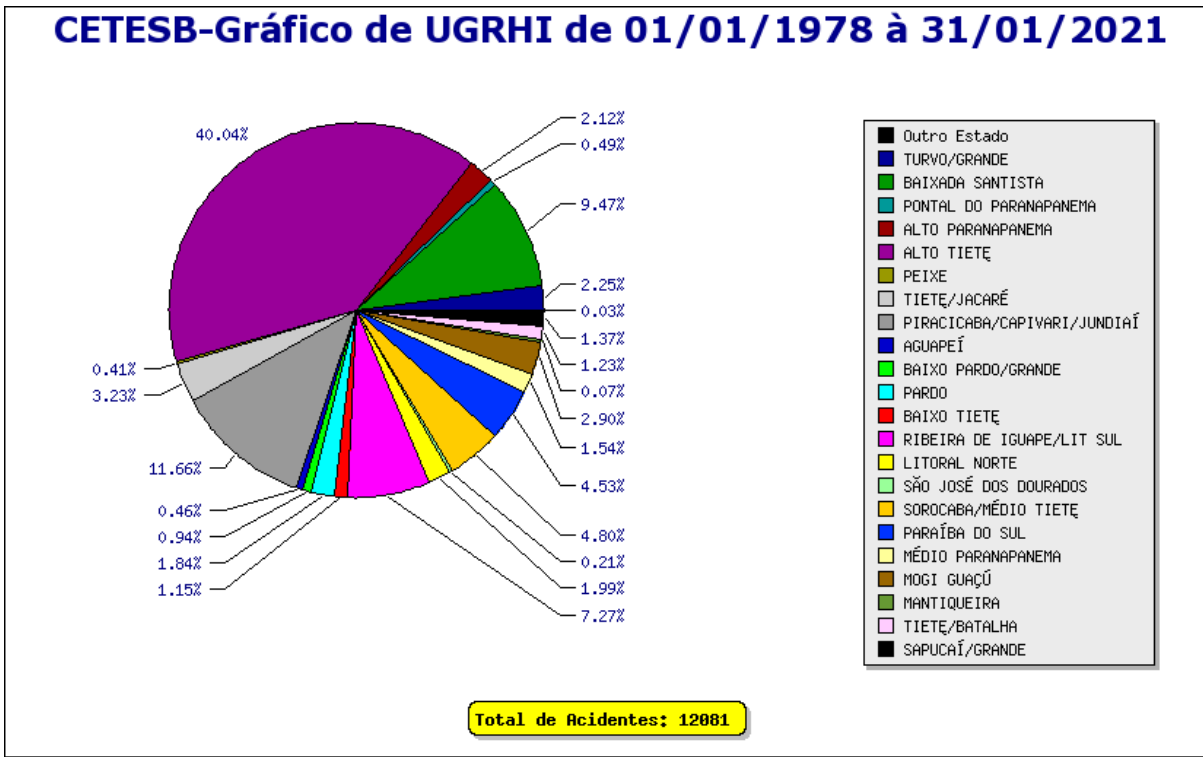


Figura 4.2 – Emergências químicas do estado de São Paulo, separados por UGRHIs.
Fonte: CETESB (2021b).

Para o trecho fluminense da bacia do rio Paraíba do Sul, o INEA produziu uma publicação intitulada Diagnóstico dos Acidentes Ambientais no Estado do Rio de Janeiro de 1983-2016 (INEA, 2016), em que os dados de atendimentos estão agrupados nas rodovias, e assim as análises para a unidade de gestão de bacia hidrográfica fica pouco prejudicada, mas as informações foram consolidadas no banco de dados para o tratamento e análise nas próximas fase do projeto. A Figura 4.3 apresenta uma consolidação do diagnóstico. Vale destacar, de toda forma, que a publicação apresenta um bom panorama para os empreendimentos em rodovias.

Parâmetros	BR 116 Rio-São Paulo	BR 040 Rio-Juiz de Fora	BR 393 Lucio Meira	BR 101 Rio-Campos	BR 116 Rio-Teresópolis
Trecho Estudado	Início: Km 163 Trev. Margaridas	Início: Km 0 Divisa MG/RJ	Início: Km 102 Cid. Além Paraíba	Início: Km 0 Divisa ES/RJ	Início: Km 0 Cid. Além Paraíba
	Fim: Km 333,9 Divisa RJ/SP	Fim: Km 125 Av. Brasil	Início: Km 102 Cid. Além Paraíba	Fim: Km 320 Ponte Rio-Niterói	Fim: Km 144,4 Entrada BR 040
Extensão	176 Km	125 Km	189,9 Km	320 Km	144,4 Km
Nº de cursos hídricos cortados	35	12	21	36	26
Nº de unidades de conservação	6	2	0	2	1
Nº de comunidades urbanas/ municípios	39	9	14	24	15
Pontos críticos	Trecho entre km 211 e 228 Serra das Araras, sentido SP-RJ	Trecho entre km 30 e 43	Trecho entre km 152 e 171	Total de uniformidade de ocorrências ao longo de todo o traçado	Trecho entre km 1 e 40
	Trecho entre km 260 e 300	Trecho entre km 80 e 97 Serra de Petrópolis	Trecho entre o km 234 e 246		Trecho entre km 115 e 144
	Municípios: Volta redonda Barra Mansa Floriano Resende Penedo Itatiaia	Trecho entre km 80 e 97 Serra de Petrópolis	Trecho entre km 273 e 279		
	Total de quilômetros críticos: 57	Total de quilômetros críticos: 41	Total de quilômetros críticos: 37		
Total de acidentes	270	128	85	73	52

Figura 4.3 – Quadro consolidado do diagnóstico de acidentes ambientais do estado do Rio de Janeiro.

Fonte: INEA (2016).

A FEAM consolida seus dados de acidentes ambientais, por meio de seu Núcleo de Emergência Ambiental – NEA, que mantém um histórico dos acidentes com acesso por sua página na internet (FEAM, 2021), separando as ocorrências de todo o estado por ano desde 2012 até dezembro de 2020. Esses comunicados foram compilados para o inventário desse projeto, ressaltando que são disponibilizados em formato de fichas individuais para cada comunicado ambiental, como apresentado na Figura 4.4, com exemplo de registro em setembro de 2020 de acidente em Juiz de Fora – MG, envolvendo transporte de carga de GLP – Gás Liquefeito de Petróleo, sem impactos em corpos hídricos.

COMUNICADO DE ACIDENTE AMBIENTAL	
Nº Protocolo: 270/2020	
MODALIDADE DO ACIDENTE: Acidente rodoviário	
LOCAL: Rodovia BR 040, km 786	
MUNICÍPIO: Juiz de Fora/MG	
DATA/HORA DA OCORRÊNCIA: 18/09/2020 – aproximadamente 17:15 horas	
DATA/HORA DO COMUNICADO AO NEA: 18/09/2020 – 17:35 horas	
FONTES DE INFORMAÇÕES: Representante da Polícia Rodoviária Federal – PRF	
Contato com a transportadora às 17:50 horas, via celular da PRF.	
BREVE DESCRIÇÃO DA OCORRÊNCIA:	
Segundo informações repassadas ao NEA, no dia 19 de setembro de 2020, por volta das 17:15 hs, ocorreu tombamento de veículo, seguido de queda, explosão e incêndio de parte da carga transportada.	
Em função da altura das chamas, o fogo atingiu a vegetação às margens da rodovia..	
A transportadora se responsabilizou pela limpeza do local.	
EMPRESA/PF ENVOLVIDA: E C Nascimento e Cia Ltda.	
CNPJ: 71.441.661/0001-09	
PRODUTO: botijões de GLP – gás liquefeito de petróleo	
NÚMERO ONU: 1075	CLASSE DE RISCO: 2.1
OBSERVAÇÕES:	
Os analistas Newton Oliveira e Bruno Guimarães estão acompanhando a ocorrência de forma remota.	
Gerência de Prevenção e Emergência Ambiental	

Figura 4.4 – Quadro consolidado do diagnóstico de acidentes ambientais do estado de Minas Gerais.

Fonte: FEAM (2021).

Os próximos subitens abordam os dados de contaminação de poluentes que constam no inventário de eventos da bacia, separados por tipos de empreendimentos. Em outra via, alguns empreendimentos como reservatórios de rejeitos industriais, nesse trabalho, também podem ser categorizados como rompimentos de barragens de rejeito para as análises de risco das próximas fases do projeto.

Um exemplo dos impactos identificados no uso dos recursos hídricos devido a contaminação por poluentes foi o caso ocorrido em novembro de 2017, no município de São José do Vale do Rio Preto – RJ, onde foi constatado que a água do município oriunda de poços, estava imprópria para o consumo devido à contaminação da água por metais pesados (Ministério Público-RJ, 2018), o que impediu o sistema de abastecimento de fornecer a água dos poços à população. Com isso, o município buscou o abastecimento em corpos de água superficiais,

alterando o fornecimento para cerca de 5.000 pessoas. Embora o evento não seja de fato um desastre natural ou tecnológico, uma vez que a contaminação é oriunda, muito provavelmente, de teores anômalos dos metais Mn e U presentes naturalmente no aquífero, o uso desse recurso hídrico e, posteriormente, a interrupção do abastecimento, acaba por ser um importante evento na bacia, para demonstrar os impactos de contaminação por poluentes.

4.4.1 Eventos causados por empreendimento industrial ou por descarte e disposição de resíduos e efluentes

A descrição de dados que segue tem por base, inicialmente, materiais coletados de agências ambientais. Destaca-se primeiramente os dados indicados para o trecho paulista pela Cetesb (CETESB, 2021b) em seu Sistema de Informações de Emergências Químicas para o período de 1998 a 2020. Nesse sistema foram reportados 56 acidentes para estes tipos de empreendimentos, com 15 deles tendo impactado nos corpos de água. Contudo, os dados não estavam espacializados e discriminados quanto a danos ambientais, impossibilitando a descrição no presente momento. A partir de outras fontes de dados, são descritos alguns exemplos de ocorrência nos parágrafos a seguir, que serão devidamente analisados nas próximas etapas do projeto.

Em março de 2003, no município de Cataguases - MG, o rompimento do reservatório de rejeitos da Indústria Cataguases de Papel e Celulose Ltda., gerou um grande desastre ambiental amplamente divulgado na época. O acidente liberou 1,4 bilhões de litros de rejeitos no Córrego Cágado, causando a formação de uma mancha de coloração negra que atingiu também os rios Pomba, em Minas Gerais, e Paraíba do Sul, no Rio de Janeiro, percorrendo até atingir o litoral fluminense (UENF, 2003). O rejeito, ou “licor negro”, como também ficou conhecido, após análises realizadas pelo Laboratório de Celulose e Papel, na Universidade Federal de Viçosa, foi caracterizado por pH alcalino, devido à presença hidróxido de sódio, densidade e condutividade elétrica elevadas, além da maior concentração de ferro, alumínio e compostos orgânicos, dentre eles nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e orto-fosfato. Nos sedimentos foram encontradas maiores concentrações apenas de Fe e Al, enquanto os peixes não apresentaram indícios de contaminação por metais pesados. O espalhamento da mancha de rejeitos teve como principal impacto a mortandade da fauna e flora marginal, bem como levou à interrupção na captação e distribuição de água em oito municípios do norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro, afetando cerca de 600.000 habitantes.

Em março de 2006, no município de Mirai - MG, o rompimento da barragem de rejeitos da Mineração Rio Pomba Cataguases Ltda. liberou 135.000 m³ de lama no córrego Bom Jardim e no rio Fubá. A lama, proveniente da mineração de bauxita, continha 12% de argila formada por sílica e óxidos de ferro e alumínio (ROCHA, 2015). A lama atingiu 70 km de extensão e, apesar de não ser tóxica, afetou o abastecimento de água da região, além de causar destruição da mata ciliar e mortandade de peixes devido à baixa oxigenação da água (ACAYABA e BAPTISTA, 2007; ROCHA, 2015). Houve reincidência em janeiro de 2007, quando outro rompimento liberou cerca de 2 milhões de m³ de lama no córrego Bom Jardim e nos rios Fubá e Muriaé (CETEM, 2012). A força do material mobilizado mudou o curso d'água em alguns pontos e causou erosão (G1, 2015), além causar mortandade de peixes e interromper o abastecimento de Mirai, Muriaé e Patrocínio de Muriaé, em Minas Gerais, e em Laje do Muriaé e Itaperuna, no Rio de Janeiro (CETEM, 2012). Cabe salientar que este evento também é relacionado aos riscos de ruptura de barragens.

Em novembro de 2008, no município de Resende – RJ, uma falha no descarregamento e no dique de contenção para o sistema pluvial da indústria Servatis, resultou no vazamento de cerca de 8.000 L de pesticida endossulfan, usado na produção de pesticidas e inseticidas. O

produto derramado percorreu cerca de 2 km pelo rio Pirapetinga e atingiu o rio Paraíba do Sul, causando imensa mortandade de peixes ao longo do percurso, de Resende até a foz, no município de São João da Barra (CEIVAP, 2008). Em decorrência do acidente, como medida preventiva, a captação das estações de tratamento de água foi interrompida, afetando o abastecimento nos municípios localizados no trecho fluminense do rio Paraíba do Sul, a jusante do local do acidente. Essa medida atingiu pelo menos 700.000 pessoas, afetando também as atividades agrícolas, pesqueiras e industriais ali existentes. Na base de dados consultada, não foram identificadas informações sobre impactos na água transposta.

Em Pirapetinga - MG em 2016, um evento causado pela atuação das indústrias de papel Smurfit Kappa e Harolpel (ASPIRA, 2016), que levou à contaminação do rio Pirapetinga, com consequente mortandade de diversas espécies de peixes. Apesar desse efeito, o evento foi considerado de médio impacto, não havendo diminuição ou exaurimento hídrico, nem relação com outros riscos. O evento também não gerou impacto em obras de infraestrutura, bem como não prejudicou o abastecimento de água. Foi feita denúncia junto ao Ministério Público e medidas emergenciais de contenção com colchões de espuma foram realizadas. Ações de mitigação incluem a fiscalização das indústrias, tratamento do esgoto e recuperação das nascentes do rio Pirapetinga. Existe probabilidade importante de ocorrência desse tipo de evento, tanto que em abril de 2017 houve elevada mortandade de peixes, e desta vez, com alcance até o encontro com o rio Paraíba do Sul (ASPIRA, 2016).

Em junho de 2017, no município de Barbacena - MG, foi indicado nos Comunicados de Acidente Ambiental emitidos pelo Núcleo de Emergência Ambiental (NEA) a ocorrência de vazamento de efluentes e aparecimento de óleo diesel em tubulação do SAS – Serviço de Água e Saneamento. Houve suspensão preventiva da captação de água no local devido à presença de um curso d'água cuja captação atende cerca de 20% da população do município. A cerca de 100 m do local existe um posto de abastecimento de combustíveis, entretanto, não foi confirmada a origem do vazamento. Como ações de mitigação, o NEA recomendou a instalação de uma vala de sacrifício para impedir que o vazamento atingisse o curso d'água.

Como fonte de dados de empreendimentos desse tipo que possam ser fontes de riscos de eventos nunca ocorridos, os empreendimentos desse tipo serão espacializados a partir das informações das licenças de operação emitidos pelas agências ambientais de cada estado. As informações foram selecionadas e organizadas no inventário do projeto para as próximas etapas do projeto.

4.4.2 Eventos relacionados a transporte em polidutos

Dos dados sistematizados disponibilizados pela CETESB (2021b), 7 acidentes com transporte por duto foram registrados entre 1998 e 2019 e todos atingiram corpos de água, um dos casos descritos, foi o de maio de 2013, reportado pelo G1, quando uma válvula de um oleoduto da Transpetro, localizado no município de São José do Barreiro – SP, foi danificada após um furto de óleo diesel, causando um vazamento de 49.000 litros de óleo diesel. O óleo atingiu o rio Formoso e chegou no estado do Rio de Janeiro através do rio Sesmarias, afluente do rio Paraíba do Sul. O evento não gerou impacto em obras de infraestrutura, porém o abastecimento foi interrompido em Porto Real, Quatis, Resende e no distrito de Floriano, em Barra Mansa. Segundo o IBAMA a mancha chegou a 30 km de extensão e, em nota, a Petrobras afirmou ter recuperado 40,1 mil litros (G1, 2013)

Em abril de 2013, um derramamento de óleo diesel no córrego do Sapateiro, afluente do rio das Mortes, comprometeu totalmente o sistema de captação de água do município de

Barbacena – MG, interrompendo o abastecimento de 36 bairros do município, o que prejudicou cerca de 61% da população (S2ID). Segundo o Núcleo de Emergência Ambiental da SEMAD, o derramamento ocorreu próximo à região da válvula de bloqueio “Orbel 2” do oleoduto Rio – Belo Horizonte, após uma tentativa de furto do combustível da tubulação. O caminhão carregado com o combustível roubado atolou e, para reduzir o peso, despejou cerca de 40.000 L de óleo diesel no solo. Três dias após o desastre, conforme laudo técnico, a COPASA constatou a presença de 51 mg/L de óleos graxos na água (S2ID). O evento não impactou diretamente unidades habitacionais e instalações públicas, mas a interrupção no abastecimento gerou prejuízos públicos e privados. Na ocasião foi decretada Situação de Emergência no município e ações de mitigação foram realizadas na tentativa de conter o avanço do óleo na água. Além dessa medida, também foram colocadas mantas e serragens no solo para absorver o excesso de óleo.

4.4.3 Eventos relacionados a empreendimentos de transportes rodoferroviários

Os registros de informações sobre estes acidentes, principalmente os rodoviários, para os três estados são satisfatórios, embora os dados fluminenses se refiram até o ano de 2016. No trecho paulista, o cadastro das emergências químicas (CETESB 2021b) para o tipo de evento rodoviário teve a constatação de 307 ocorrências gerais, das quais 43 foram registradas com atingimento os corpos hídricos, com gamas variadas de produtos perigosos, mas com predominância por óleos e combustíveis. Como exemplificado anteriormente, infelizmente a base de dados disponíveis é de difícil espacialização, mas será amplamente consultada e, se necessário, complementada nas fases posteriores do projeto.

O trecho mineiro, a partir dos dados do NEA, no período entre 2013 e 2020 teve relato de 43 acidentes rodoviários, dos quais dois tiveram destaque no noticiário e os demais foram indicados em Comunicados de Acidente Ambiental. Os acidentes ocorreram em rodovias federais e estaduais, abrangendo 14 municípios do estado de Minas Gerais, nas regiões hidrográficas dos afluentes mineiros dos rios Preto, Paraibuna, Pomba e Muriaé. Metade desses acidentes ocorreram na rodovia Rio-Juiz de Fora (BR-040), entre os municípios de Barbacena, Oliveira Fortes e Santos Dumont. A causa dos acidentes está relacionada principalmente à perda de controle e tombamento de carretas e caminhões. Em todos os casos não foram identificadas vítimas relacionadas aos acidentes que ocorreram liberação de poluentes, bem como não foram relatadas unidades habitacionais e instalações públicas danificadas ou destruídas. Por outro lado, boa parte dos acidentes ocasionou a liberação de poluentes na pista, no solo e em parte dos afluentes dos rios Preto, Paraibuna, Pomba e Muriaé, porém, apenas em alguns casos houve registro da quantidade estimada de poluentes que atingiu os cursos d’água (Quadro 4.13).

Um dos acidentes de destaque para os objetivos desse projeto foi o reportado com consequências no abastecimento de água, em 2017 uma carreta transportando combustível tombou sobre a Ponte do Barão Camargos, na confluência dos rios Novo e Pomba, próximo ao trevo do município de Cataguases, resultando no vazamento de grande quantidade de poluentes (sem especificação de volume no registro de ocorrência) diretamente no rio, cujas águas são usadas para o abastecimento da cidade.

Quadro 4.13 – Relação dos acidentes que resultaram na contaminação de corpos hídricos do trecho mineiro da Bacia do Paraíba do Sul.

Data	Município	Local	Drenagem atingida	Poluente	Quantidade (L)
11/2020	Juiz de Fora (MG)	BR-040	Córrego Velho	Etanol	~30.000
04/2017	Barbacena (MG)	BR-040, Km 696	Curso d'água sem nome	Óleo diesel	600
08/2016	Simão Pereira (MG)	BR-040, Km 828	Rio Paraibuna	Óleo diesel	~50
08/2019	Oliveira Fortes (MG)	BR-040, Km 730+100	Alto da Cantilhola	Óleo	200
11/2017	Santa Bárbara do Tugúrio (MG)	MG-448, Km 20	Ribeirão da Prata	Gasolina	5.000
02/2016	Santa Rita de Jacutinga (MG)	MG-457, Km 18	Córrego Jacutinga I	Etanol	30.000

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Entre outros poluentes que foram liberados, estão GLP, resina em solução, álcool etílico, líquidos e sólidos inorgânicos corrosivos, resíduo carbonáceo proveniente da obtenção de alumínio, tintas, polietileno e borrachas diversas. Além de efeitos nos recursos hídricos, podem também causar incêndios na vegetação. Estes foram reportados em dois acidentes ocorridos em 2016, um no Km 18 da rodovia MG-457 e outro no Km 783 da BR-116. O primeiro atingiu uma área de aproximadamente 250 m² de mata nativa e o segundo atingiu cerca de 2,5 ha de mata ciliar ao longo do córrego Jacutinga I.

Para os casos registrados no Rio de Janeiro, ao menos um dado foi integrado à análise a partir do formulário elaborado pelo Consórcio e enviado aos membros do GTPGR, CEIVAP e CBHs afluentes e forneceu o registro de apenas um acidente no estado do Rio de Janeiro. O acidente ocorreu em 2013 na Via Dutra (BR-116), pista sentido descida da Serra das Araras, e ocorreu devido à perda de freio de um caminhão. O vazamento de óleo resultou na interrupção parcial do fornecimento de água nos municípios a jusante do evento. O nível de impacto deste acidente foi considerado grande e exigiu ações de mitigação pela equipe de emergência da concessionária, dentre elas a montagem de barreiras de contenção e absorvedora de óleo e uso de skid para remoção de óleo com apoio de caminhão a vácuo.

Os demais trechos do estado do Rio de Janeiro descritos no diagnóstico apresentado em 2016 (INEA, 2016), embora os dados sejam separados por rodovias, uma análise criteriosa nas fases correspondentes para definição de probabilidades, distribuição, magnitude e extensão dos impactos ainda podem ser exitosas. Como fonte de informação, os dados se referem às rodovias Presidente Dutra (BR-116), cuja maior parte da extensão dos pontos críticos estão na bacia do rio Paraíba do Sul, com 270 acidentes reportados, BR-040 com maior parte dos pontos críticos descrito fora da bacia, BR-393 com 85 acidentes, BR-101, Rio Campos, com maior parte da extensão fora da bacia, conta com 73 acidentes e BR-116, Rio Teresópolis, com maior parte das áreas críticas fora da bacia, com 52 acidentes.

Com relação aos acidentes ferroviários, duas ocorrências foram registradas, uma no município de Volta Redonda – RJ, na região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul (S21D), outra no município de Leopoldina – MG, na região hidrográfica dos afluentes dos rios Pomba e Muriaé, conforme informações do Núcleo de Emergência Ambiental. Neste último evento houve descarrilamento de um vagão e tombamento de outros quatro, com queda de carga (minério de bauxita), porém sem atingir o rio Pirapetinga, localizado nas proximidades. E ainda, foram identificadas duas ocorrências (1990 e 2002) de vazamento de óleo combustível, sem informação de impactos e meio atingido, tendo sido identificados no trecho paulista da bacia, nos municípios de Guararema e Jacareí.

4.5 Rompimento de Barragens

Nesta etapa de estudos, as análises referentes a este tema visam essencialmente buscar documentos técnicos que permitam entender e caracterizar os impactos que porventura possam ocorrer no caso de ruptura. As informações coletadas no Plano de Segurança de Barragens – PSB poderão compor a análise das probabilidades de ocorrer esse tipo de evento, essenciais para o desenvolvimento desse projeto.

O PSB trata-se de um plano de gerenciamento que contempla diversos documentos de uma barragem. Tais documentos vão desde a concepção do projeto construtivo, passando pelas características e objetivos da estrutura de contenção. Tal plano deve contemplar manuais e protocolos de procedimentos a serem adotados visando a minimização de riscos de uma dada estrutura além do registro de verificações quando das inspeções regulares, especiais, relatório e revisões. Em alguns casos, dependendo de algumas características específicas, o PSB contempla também um Plano de Ações Emergenciais para a utilização em condições de anormalidade, com risco iminente ou não de ruptura.

O arranjo legal do PSB foi estabelecido pela Lei Federal nº 12.334/2010 e cada órgão fiscalizador deveria implementar até 20 de setembro de 2012 a sua legislação específica para atendimento ao que determina a lei, como a periodicidade de atualização, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem considerando as especificidades que cada tipo de estrutura requer. Assim, cada órgão responsável, sendo a ANA para barramentos de aproveitamentos da água para abastecimento, a ANEEL para barramentos de aproveitamentos hidrelétrico e a ANM para barragens de mineração, estabeleceram as suas legislações e cada resolução traz consigo em seus anexos os conteúdos mínimos. Alguns documentos são comuns entre esses órgãos, devido a exigência mínima estabelecida pela Lei Federal que instituiu a PNSB – Política Nacional de Segurança de Barragens, a saber: a) Caracterização do empreendimento (barragem e do empreendedor); b) Documentação técnica do empreendimento; c) Planos e Procedimentos (operação, manutenção, inspeção, monitoramento e instrumentação); d) Registros e controles (operação, manutenção, inspeção, monitoramento, instrumentação, bem como os testes de equipamentos hidráulicos, elétricos, mecânicos e etc.); e) Relatórios de Inspeção (regulares e especiais, este caso haja); f) Revisão Periódica de Segurança de Barragem; e g) Plano de Ação de Emergência (PAE), quando exigido.

Assim, o PSB deve indicar a Categoria de Risco de uma barragem, baseada nos aspectos da própria barragem que possam influenciar na probabilidade de um acidente: aspectos de projeto, integridade da estrutura, estado de conservação, operação e manutenção, atendimento ao Plano de Segurança, entre outros aspectos. E também o Dano Potencial Associado (DPA) que descreve os impactos de eventual rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade

de ocorrência, podendo ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e impactos sociais, econômicos e ambientais.

O PAE é um documento formal, no qual estão identificadas as condições de emergência em potencial para a barragem. Nele deve-se conter todas as orientações importantes para tomada de decisão no momento de sinistro, permitindo entre outras medidas a notificação e o alerta antecipado, visando minimizar os danos materiais e ambientais além das perdas de vidas e, de acordo com a Lei, deve estar disponível no empreendimento e nas prefeituras envolvidas, bem como ser encaminhado às autoridades competentes e aos organismos de defesa civil. O citado Plano deve conter, pelo menos: a) Identificação e análise das possíveis situações de emergência; Procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento ou de condições potenciais de ruptura da barragem; b) Procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência, com indicação do responsável pela ação; c) Estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência.

Assim, essas informações são relevantes no presente estudo, na definição dos riscos e quando o DPA indica a necessidade do PAE, este aponta os locais de atingimento, e extensão dos impactos. Em outra via, os registros de ocorrências de rupturas de barragens no mundo são muitos, tendo sido identificadas diversas causas. Os estudos dessas rupturas têm permitido a compreensão de suas fenomenologias no sentido de se desenvolver e aplicar modelos fenomenológicos nos estudos de risco e prevenção, o que também é conhecido por estudo de modelagem. Nesses estudos destacam-se os sistemas de monitoramento do comportamento por meio da instrumentação das barragens, que permitem ajustar os modelos fenomenológicos aos comportamentos reais.

Como fonte de dados, as 3 agências federais criaram seus sistemas de consulta da situação das barragens, a ANM por meio de seu SIGBM – Sistema de Gestão de Segurança de Barragem de Mineração (ANM 2021a), a ANEEL mantém seu sistema, chamado painel de monitoramento e consulta - classificação de Barragens (ANEEL 2021), e por fim a ANA (2021) mantém o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). Para os fins desse projeto, as barragens serão classificadas em Aproveitamento Hidráulico (ANA e ANEEL) e barragens de rejeitos (ANM).

4.5.1 Barragens de Aproveitamentos Hidráulicos

Os aproveitamentos hidráulicos na forma de barramentos podem ser classificados conforme o tamanho, em grande, médio e pequeno portes. Estes aproveitamentos podem ser considerados em 3 grandes grupos na Bacia do Paraíba do Sul:

- Grupo 1 - Reservatórios de grande porte;
- Grupo 2 - Reservatórios de pequeno e médio portes de abastecimento público e produção de energia elétrica; e
- Grupo 3 - Reservatórios de pequeno porte particulares destinados à dessedentação animal, piscicultura e lazer.

Estudos de Ruptura do Grupo 1 – Reservatórios de grande porte

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2016) em seu Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragem, com base em normas internacionais, as barragens de grande porte da Bacia do Paraíba do Sul, são aquelas dos aproveitamentos de Paraibuna-Paraitinga, Santa Branca, Jaguari, Funil e Chapéu d'Uvas.

Não há registro de ocorrências de acidentes de barragens deste Grupo na Bacia, de maneira que as análises do próximo produto deverão listar as barragens desse grupo, buscando informações relacionadas ao PSB e PAE de cada barragem.

Assim, embora na bacia do rio Paraíba do Sul não se tenha registro de acidentes de barragens de aproveitamento hidráulico, há estudos de hipóteses de ruptura das barragens acima relacionadas e que foram realizados pela ENGEORPS (2012), em trabalho intitulado “Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul, R 06 – Estudos de Ruptura de Barragens”. Nestes estudos a hipótese trabalhada foi similar à de casos reais, com dois conjuntos principais de hipóteses para o rompimento:

- Tipos de ruptura: galgamento (*overtopping*) ou falha estrutural (*piping* em barragens de terra);
- Tipos de cenários de ruptura: individual ou em cascata (ruptura de barragem a montante provoca o rompimento de outra a jusante).

O objetivo principal do estudo da ENGEORPS (2012) foi, além da caracterização das diferentes hipóteses de ruptura das barragens analisadas, avaliar os efeitos dessa ruptura em termos da inundação resultante nas cidades localizadas a jusante das estruturas. Para alcançar esse objetivo, a ENGEORPS (2012) desenvolveu um estudo de *DamBreak*, simulando a propagação de cheias advindas do rompimento das barragens, resultando em mapas das manchas de inundação dos diferentes cenários de ruptura e também a caracterização dos hidrogramas (tempos de trânsito, vazões máximas etc.) propagados até as cidades a jusante dos reservatórios.

Os estudos fundamentaram a elaboração de um sistema computacional desenvolvido para permitir o gerenciamento de eventos hidrológicos críticos e de acidentes ambientais na bacia do rio Paraíba do Sul, o SISPREC. O SISPREC está estruturado em três grandes Subsistemas:

- Previsão de cheias na bacia do rio Paraíba do Sul;
- Simulação do rompimento de barragens, incluindo grandes reservatórios existentes e barragens de rejeito; e
- Simulação da propagação de poluentes nos cursos d’água da bacia.

Estudos de Ruptura do Grupo 2 – Reservatórios de pequeno e médio porte de abastecimento público e produção de energia elétrica

O mesmo estudo ENGEORPS (2012) apontou 22 empreendimentos desse tipo que foram identificados e organizados no Quadro 4.14 que define a sua prioridade para futuros estudos, considerando a sua proximidade a zonas urbanas e o conseqüente risco associado, na eventualidade de uma ruptura.

Embora a ENGEORPS (2012) não tenha realizado estudos de modelagem da ruptura, por falta de dados necessários, considera que esses reservatórios podem produzir problemas de forma bem mais localizada que os grandes reservatórios estudados e considera-os prioridades para estudos futuros.

Quadro 4.14 – Reservatórios do Grupo 2 suas prioridades de estudo.

Nome	Município	Rio	Prioridade estudo	Observações
Reservatório de Queluz	Queluz	Paraíba do Sul	Média	A cidade de Queluz está situada a jusante, nas proximidades do reservatório
Reservatório de Santa Cecília	Barra do Pirai	Paraíba do Sul	Baixa/Média	A cidade de Barra do Pirai está situada a jusante, nas proximidades do reservatório
Reservatório de Ilha dos Pombos	Além Paraíba	Paraíba do Sul	Baixa	Sem cidades importantes a jusante do reservatório
Reservatório de Itaocara	Itaocara/Aperibe/Santo Antônio de Pádua	Paraíba do Sul	Média	A cidade de Itaocara está situada a jusante, nas proximidades do reservatório
Reservatório de Simplicio/Anta	Chiador/Sapucaia	Paraíba do Sul	Média	A cidade de Anta está situada a jusante, nas proximidades do reservatório
Reservatório de Tocós	Rio Claro	Pirai	Baixa	Sem cidades importantes a jusante do reservatório
Reservatório de Vigário	Pirai	Pirai	Média	A cidade de Pirai situada no pé do reservatório
Reservatório de Santana	Pirai	Pirai	Média	A cidade de Santana está situada a jusante, nas proximidades do reservatório
Reservatório de Areal	Areal	Preto (afluente Paraíba do Sul)	Baixa/Média	A cidade de Areal está situada a jusante, nas proximidades do reservatório
Reservatório de Barra do Braúna	Laranjal	Pomba	Baixa	Sem cidades importantes a jusante do reservatório
Reservatórios Ivan Botelho	Astolfo Dutra/Guarani	Pomba	Média	A cidade de Astolfo Dutra está situada a jusante, nas proximidades do reservatório
Reservatório rejeitos Itamarati de Minas	Itamarati de Minas	Novo (Pomba)	Baixa	Sem cidades importantes a jusante do reservatório
Reservatório Rejeitos Santa Tereza	Descoberto	Novo (Pomba)	Baixa	Sem cidades importantes a jusante do reservatório
Reservatório Usina Maurício	Leopoldina	Novo (Pomba)	Baixa/Média	A cidade de Astolfo Dutra está situada a jusante, nas proximidades do reservatório
Reservatório de Piauí	Juiz de Fora	Piauí (Pomba)	Baixa	Sem cidades importantes a jusante do reservatório
Reservatório de Sobragi	Belmiro Braga	Paraibuna	Baixa	Sem cidades importantes a jusante do reservatório
Reservatório de Marmelos	Juiz de Fora	Paraibuna	Baixa/Média	Pequenos bairros ao sul de Juiz de Fora a jusante do reservatório
Reservatório de Joasal	Juiz de Fora	Paraibuna	Baixa/Média	Pequenos bairros ao sul de Juiz de Fora a jusante perto do reservatório
Reservatório de Paciência	Matias Barbosa	Paraibuna	Baixa/Média	A cidade de Astolfo Dutra está situada a jusante, nas proximidades do reservatório.
Reservatório Monte Serrat	Simão Pereira/Comendador Levy Gasparian	Paraibuna	Baixa/Média	A cidade de Levy Gasparian está situada a jusante, nas proximidades do reservatório.
Reservatório Bonfante	Simão Pereira/Comendador Levy Gasparian	Paraibuna	Baixa/Média	A cidade de Levy Gasparian está situada a jusante, nas proximidades do reservatório.
Reservatório de João Penido	Juiz de Fora	Ribeirão dos Burros (Paraibuna)	Média	A cidade de Juiz de Fora está situada a jusante, nas proximidades do reservatório.
Reservatório de Picada	Juiz de Fora	Peixe (Paraibuna)	Baixa	Sem cidades importantes a jusante do reservatório
Reservatório de Glória	Glória	Glória (Muriaé)	Baixa	Sem cidades importantes a jusante do reservatório
Barragem de rejeitos Mirai	Mirai	Preto (Muriaé)	Baixa	Sem cidades importantes a jusante do reservatório

Fonte: ENGECORPS (2012)

Estudos de Ruptura do Grupo 3 - reservatórios de pequeno porte particulares

Estes reservatórios não foram considerados nos estudos do ENGECORPS (2012) mesmo porque os danos eventuais seriam muito localizados e provavelmente pouco significativos.

Entretanto, uma hipótese a ser considerada poderia ser a de ruptura em cascata por ocasião de chuvas intensas, o que poderia ser identificado pelo mapeamento de tais reservatórios ao longo dos pequenos tributários do rio Paraíba do Sul, com identificação de possíveis pontos de captação de água a jusante que poderiam vir a ser atingidos ou eventualmente outros empreendimentos localizados ao longo desses tributários.

Inicialmente a consulta nas bases de uso e ocupação do solo não apresenta a classe específica sobre esses barramentos e barragens de pequeno porte, contudo, esse tipo de estrutura está sujeito a outorga dos órgãos competentes estaduais e, desta maneira, uma consulta nos bancos de dados de outorgas foi realizada, incorporando as localizações dessas outorgas no inventário do projeto e, na fase de se avaliar os riscos de ocorrer eventos em cascatas, tais dados serão analisados, confrontando essa base de dados com a rede hidrográfica e pela proximidade entre os empreendimentos. Assim, os dados referentes a esse tipo de empreendimento foram organizados em SIG, e estão à disposição para as próximas etapas do projeto.

4.5.2 Barragens de Rejeito

Os dados sobre as barragens de rejeito na bacia, oriundos do sistema da ANM (2021) estão compilados de forma completa no inventário realizado, constante do anexo digital a este produto. A seguir são apresentadas algumas informações dos principais eventos de rompimentos ocorridos na bacia.

Descrição do Acidente de Jacaréí

Segundo o G1 (2016) houve vazamento de resíduos de mineração de areia no rio Paraíba, em Jacaréí (SP), em 05 de fevereiro de 2016 (Figura 4.5), tendo provocado o desabastecimento de água de 75% a população de São José dos Campos (SP). Os resíduos atingiram também a captação de Pindamonhangaba, cerca de 70 km a jusante (O ESTADO DE MINAS, 2016).



Foto: Reprodução/TV Vanguarda

Importante observar que, segundo Ferrer *et al* (2018), embora São José dos Campos tenha erradicado a mineração de areia de seu território (Lei nº 3974/1991), o município pode sofrer

os impactos da atividade mineraria dos municípios vizinhos, como o ocorrido em Jacareí que provocou o desabastecimento de 75% de sua população, demonstrando a importância da gestão por bacia.

Descrição do Acidente de Mirai

Segundo Ferreira e Santo (s/d) no dia 10 de janeiro de 2007 a barragem de rejeitos de lavra de bauxita da empresa de mineração Rio Pomba Cataguases Ltda, no Município de Mirai em Minas Gerais, se rompeu, causando sérios impactos ambientais aos municípios de Mirai, Muriaé, Patrocínio de Muriaé, situados na Zona da Mata mineira e, no estado do Rio de Janeiro, aos municípios de Laje de Muriaé, Itaperuna, Italva e Cardoso Moreira. Foram lançados dois milhões de metros cúbicos de rejeitos no rio Fubá, que corta o município de Mirai. Com a inundação aproximadamente 400 casas e estabelecimentos comerciais foram atingidos e de 2 a 3 mil pessoas ficaram desabrigadas (Figura 4.5).



Figura 4.5 – Rompimento da barragem de rejeito em Mirai atinge Muriaé a 30 km de distância.

Foto: Disponível em < <http://www.radio96muriae.com.br/noticias/campanha-mar-de-lama-nunca-mais-ter-coleta-de-assinaturas-em-muria-nesta-quinta#sthash.1tdOQB9p.dpbs> >

Larcher (2012) relata que na última vistoria, realizada pouco mais de 2 meses antes do rompimento, constatou-se um alteamento não autorizado da barragem para aumentar sua vida útil, verificando os técnicos do MP mineiro que o vertedouro da barragem ficou em nível mais alto que a própria barragem. Esta observação é indicativa de ruptura devido a galgamento (*overtopping*) por ocasião das chuvas que antecederam o fenômeno.

Descrição do Acidente na Barragens de Rejeito Industrial de Cataguases

Esse acidente ocorreu no ano de 2003 e teve grandes proporções, o que fez com que o acidente de Cataguases, como ficou conhecido o rompimento da barragem de rejeitos da Indústria Cataguases de Papel, fosse classificado como um dos maiores desastres ambientais da história do Brasil e como o maior acidente de água doce do mundo (Figura 4.6) até aquele momento.



Figura 4.6 – (A) Vista aérea do ribeirão do Cágado com lama tóxica; (B) Trajeto da mancha; e (C) Mancha tóxica chega ao mar.

Fotos: Disponível em: < https://zonaderisco.blogspot.com/2015/11/lembranca-o-pior-desastre-ambiental-do_25.html >

Segundo GONÇALVES (2006), em 29 de março de 2003, no município de Cataguases, MG, a barragem de contenção de rejeitos tóxicos dessa indústria, sobra industrial da produção de celulose, rompeu-se, liberando no córrego do Cágado e no rio Pomba cerca de um bilhão e quatrocentos milhões de litros de lixívia (ou licor negro).

Segundo CASSALI (2017), o produto tóxico continha soda cáustica, enxofre, lignina, hipoclorito de cálcio, chumbo, sulfeto de sódio e antraquinona atingindo os rios do Cágado, Pomba e Paraíba do Sul, até a sua foz em Atafona, comprometendo o abastecimento de água de diversos municípios mineiros e fluminenses e destruindo culturas agrícolas e a atividade pesqueira da região. Cerca de 600 mil pessoas foram afetadas. Observou-se também a mortandade de espécies vegetais e animais.

Segundo GONÇALVES et al. (2007) a biota aquática foi destruída e em alguns pontos atingiu uma distância superior a cem metros do córrego Cágado. Ao longo do percurso da mancha negra, peixes e animais como bois, bezerros, capivaras, jacarés, cavalos, cães, garças e gaviões foram vistos mortos. Devido à quantidade e a força com que os resíduos chegaram ao ribeirão, a vegetação ciliar também foi afetada, inclusive com a derrubada de algumas árvores. O exercício da pesca foi proibido pelo IBAMA no rio Pomba a partir dos municípios de Cataguases e de Leopoldina em Minas Gerais e no rio Paraíba do Sul no Rio de Janeiro a partir da confluência com o rio Pomba até a sua foz, por 90 dias.

Ainda segundo GONÇALVES et al. (2007) em São Francisco de Itabapoana a faixa de areia que separava o mar da Lagoa da Praia foi destruída ocasionando a contaminação da lagoa e dos manguezais. Prejuízos econômicos foram sentidos pela população das cidades afetadas pelo acidente. Atividades rurais foram diretamente atingidas, com a destruição de pastagens, capineiras, poços, cercas divisórias e benfeitorias. Estradas vizinhas à indústria foram destruídas e obstruídas, açudes e pontes alcançados pelo rejeito se romperam e bueiros foram destruídos.

Segundo ACCA (2015), engenheiros especialistas em barragens da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) fizeram laudo técnico que aponta que o rompimento da barragem, em 29 de março, foi causado por erosão. Segundo o relatório, o acidente foi consequência de um processo gradual, que poderia ter sido controlado com fiscalização. As chuvas, segundo o laudo, contribuíram para o acidente.

4.6 Intrusão Salina

Segundo informações obtidas através do formulário elaborado pela empresa e enviado aos membros do GTPGR, a foz do rio Paraíba do Sul, na região do CBH Baixo Paraíba do Sul, apresenta um caso de intrusão salina ativo desde 2014 e que vem piorando ao longo dos anos. O fenômeno ocorre por causa da diminuição da vazão do rio no período de estiagem, mas vem sendo incrementado em função das baixas vazões escoadas no rio, em sua foz, e de problemas de crises hídricas verificadas nos últimos anos, provocando aumento desse fenômeno. Assim, tal evento está associado a problemas de secas e estiagens identificadas na bacia e já citadas no item 4.1 deste documento.

Os níveis de impactos são altos, pois como efeito principal, a intrusão salina causa salinização dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos e do solo, bem como gera perda da qualidade das águas de todos os canais e rios da foz. Assim, os relatos do efeito dessa intrusão apontaram impactos relacionados ao desabastecimento do município de São João da Barra, devido à salinização da água do rio Paraíba do Sul no ponto de captação. Outro impacto reportado refere-se à atividade pesqueira de água doce, que acabou sendo interrompida. Além disso, é também identificada a salinização dos canais de irrigação locais, causando impactos na atividade de agricultura na região próxima à foz do rio Paraíba do Sul.

Não foram identificadas muitas informações oficiais sobre esse tipo de evento e até o momento, a única medida identificada tratou do monitoramento do fenômeno. Ações possíveis de mitigação podem incluir a regularização da vazão do rio, iniciando por meio de estudo voltado para as possibilidades de implantação de reservatórios de regularização de vazões, além da avaliação de trechos específicos de dragagem nas proximidades do ponto de captação de água para contribuir que apenas água doce seja captada (G1, 2014).

5 ANÁLISE DE EXPERIÊNCIAS SIMILARES DE OUTRAS BACIAS

Em complemento às análises anteriormente apresentadas de forma específica para a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, foram buscadas informações referentes ao tratamento de outros eventos críticos identificados em outras bacias, o que pode dar suporte a propostas e análises mais detalhadas nas novas etapas de estudos.

Assim, foi realizada extensa busca por eventos críticos e suas formas de tratamento, sendo relatados, a seguir, aqueles que foram identificados como mais relacionados à condição da bacia do rio Paraíba do Sul. De forma geral e válida para todas as tipologias de eventos, a ANA possui uma Sala de Situação inaugurada em 2009 que monitora e analisa a evolução de chuvas, níveis e vazão dos principais rios, reservatórios e bacias hidrográficas. Segundo ANA (2021), todas as informações em questão são compartilhadas por meio de boletins e sistemas de monitoramento, servindo de suporte para a decisão de autoridades responsáveis pela gestão de eventos hidrológicos críticos no País.

A ANA vem apoiando a implantação de salas de situação em todos os estados do País, já tendo sido instaladas nos três estados de abrangência do presente projeto, o que trará suporte às ações de acompanhamento deste Plano de Gerenciamento de Riscos. Destaca-se, nesse sentido, que o próprio CEIVAP possui uma sala de situação, a qual possibilita o acompanhamento de vazão e de nível dos reservatórios, além de 21 pontos de monitoramento ao longo da bacia, que fornecem informações diárias (CEIVAP, 2021).

5.1 Estiagens Prolongadas

No que se refere às estiagens prolongadas cabe destacar, inicialmente, o principal evento recente ocorrido e que abrangeu parte importante do país e perdurou de forma mais intensa nos anos de 2014 a 2018. Nesse sentido, tratando do processo de gestão desse evento, o trabalho desenvolvido na bacia hidrográfica do rio São Francisco teve a criação de um Grupo de Acompanhamento da Operação do Sistema Hídrico do Rio São Francisco, com reuniões que tiveram periodicidade definida em função da criticidade da situação da bacia, em que são discutidos os níveis dos reservatórios, vazões afluentes, defluentes, previsões para o próximo período e alternativas para atendimento aos usos da bacia e manutenção de volumes nos reservatórios. Assim, com base nesse processo, a bacia do rio São Francisco conseguiu superar a crise hídrica em questão, com alternativas como a redução de vazões escoadas a jusante de reservatórios e racionamento de usos. Cabe destacar quanto a esse processo o estabelecimento da Resolução da ANA nº 2081/2017 que estabelece as condições para a operação do Sistema Hídrico do Rio São Francisco, que compreende os reservatórios de Três Marias, Sobradinho, Itaparica (Luiz Gonzaga), Moxotó, Paulo Afonso I, II, III, IV e Xingó. Assim, foram estabelecidos critérios técnicos relacionando a possibilidade de redução das vazões defluentes dos principais reservatórios da bacia. Além disso, a ANA vem elaborando boletins de situação mensal, divulgando a situação da bacia, o que é relevante para o acompanhamento de todos os setores usuários.

Seguindo modelo semelhante, especificamente para a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, foi criado o GTAOH – Grupo de Trabalho Permanente de Acompanhamento da Operação Hidráulica na Bacia do Rio Paraíba do Sul, destacando suas finalidades de analisar situações de conflito envolvendo a operação hidráulica dos reservatórios e os usos múltiplos, propor soluções alternativas visando ao atendimento dos requisitos quantitativos de água nas bacias. Ainda seguindo o mesmo princípio da bacia hidrográfica do rio São Francisco, para a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, foi editada a Resolução Conjunta ANA/DAEE/IGAM/INEA nº 1382/2015 apresentando as condições de operação a serem observadas no sistema hidráulico da bacia, considerando os reservatórios e as estruturas de transposição de águas

para o sistema Guandu. Dentre uma série de critérios e diretrizes apresentados na Resolução em questão, ressalta-se a necessidade de respeitar limites de vazões mínimas instantâneas em reservatórios como os de Paraibuna, Santa Branca, Jaguari, Funil, Santa Cecília e Pereira Passos, bem como a média diária bombeada para o rio Guandu em Santa Cecília.

Ainda no período de crise hídrica a partir de 2014, outra experiência relevante pode ser citada da bacia hidrográfica do rio Tocantins, que desde 2015 vem enfrentando condições hidrometeorológicas desfavoráveis, com vazões e precipitações abaixo da média. Assim, segundo disposto pela Sala de Situação da ANA (2021b), a crise permaneceu ao longo dos anos de 2016 e 2017, o que impossibilitou a recuperação dos reservatórios de acumulação, em especial o de Serra da Mesa, que é responsável pela regularização de vazões para os restantes. Nesse caso, seguindo o modelo da bacia do rio São Francisco, foram instituídas reuniões quinzenais para debater as condições de operação dos reservatórios da calha do rio Tocantins, de forma a manter estoques hídricos de água na bacia e garantir atendimento aos usos múltiplos. A Figura 5.1 apresenta um esquema dos reservatórios acompanhados na sala de situação em questão.

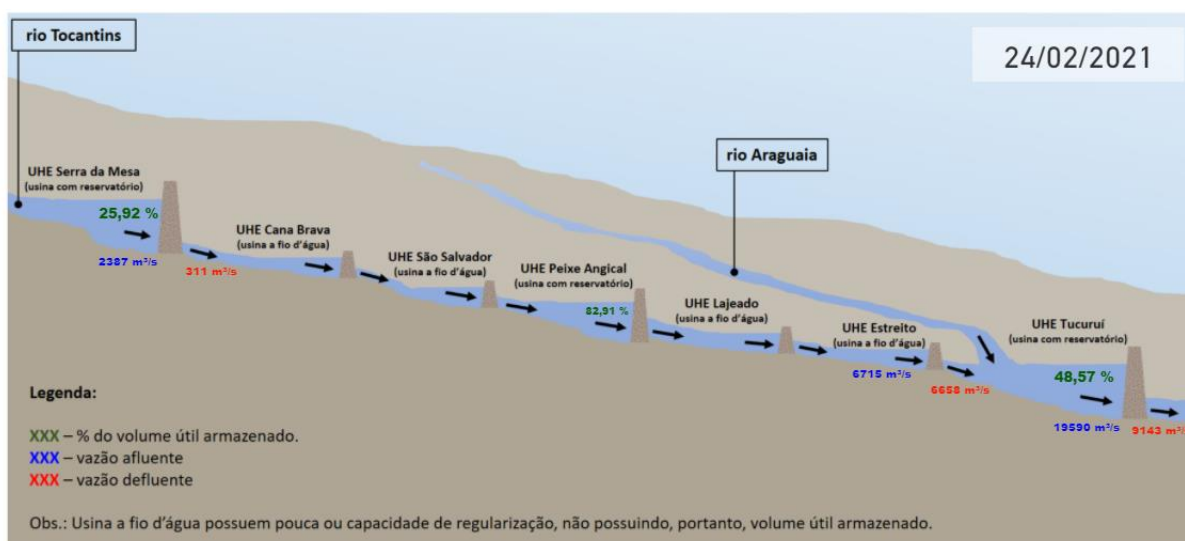


Figura 5.1 – Acompanhamento dos reservatórios em situação de crise da bacia do rio Tocantins

Fonte: Sala de Situação da ANA.

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul também dispõe de uma Sala de Situação gerida pela ANA, motivada pela crise hídrica ocorrida a partir dos anos de 2014 a 2016. No período em questão, segundo informações de sua sala de situação, o reservatório equivalente do Sistema Hidráulico do Rio Paraíba do Sul atingiu o volume útil de 0,33 %, o menor valor observado em todo o histórico. Alguns reservatórios como os de Paraibuna e Santa Branca chegaram a operar em níveis abaixo de seus mínimos operacionais. Nesse caso, a ANA vem emitido boletins diários com as informações operacionais dos reservatórios como vazões afluentes, defluentes e percentual do volume útil acumulado nos principais reservatórios da bacia.

A Figura 5.2 apresenta o diagrama esquemático de hidrelétricas consideradas nas análises do sistema hídrico da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, com dados específicos do dia 04/04/2021. O boletim disponibilizado tem frequência diária e apresenta os volumes, cotas, vazões afluentes e defluentes dos reservatórios das usinas hidrelétricas da bacia. Com as

informações disponibilizadas, é possível acompanhar o comportamento histórico e dar suporte a discussões sobre o que precisa ser feito na bacia para evitar a ocorrência de crises hídricas que afetem o abastecimento dos usos da água existentes na bacia.

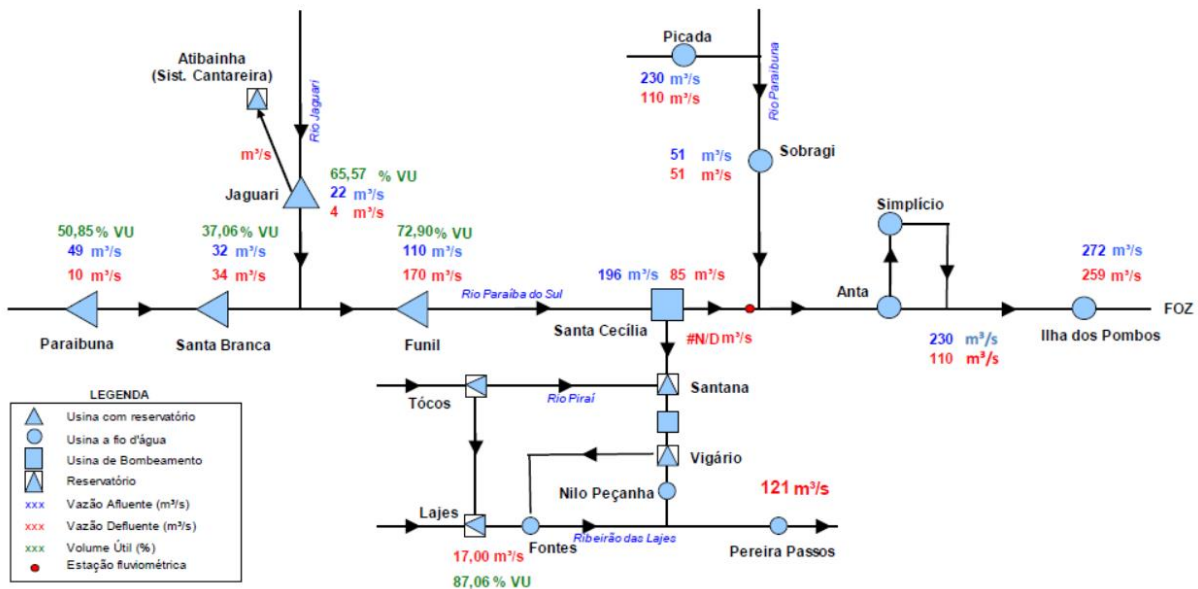


Figura 5.2 – Diagrama Esquemático de Hidrelétricas da Bacia do Rio Paraíba do Sul (dados de 04/04/2021)

Fonte: ANA (2021)

Ainda no que se refere às estiagens, cabe destacar o Monitor de Secas no Brasil¹, também gerido pela ANA e que trata de um processo de acompanhamento regular e periódico e que teve início especificamente para avaliar informações sobre secas do Nordeste, mas já abrange atualmente parte importante do País. Nesse sentido, segundo o portal do Monitor de Secas, mensalmente são apresentadas informações sobre a situação de secas até o mês anterior, com indicadores que refletem o curto prazo (3, 4 e 6 meses) e o longo prazo (últimos 12, 18 e 24 meses), indicando a evolução da seca na região. Atualmente, dispõe inclusive de um aplicativo para celulares em que as informações podem ser acompanhadas online.

Como exemplo, são apresentadas a Figura 5.3 e a Figura 5.4 com informações advindas do Monitor de Secas. O primeiro mapa mostra a condição de janeiro de 2021, inclusive mostrando que parte da bacia do rio Paraíba do Sul encontrava-se em condição de seca fraca naquele mês. O mapa da figura seguinte mostra a evolução de situação de novembro de 2020 a janeiro de 2021, apresentando que parte da bacia teve aumento na situação de estiagem ao longo dos meses em questão. Dessa forma, apesar de não ter sido desenvolvido de forma específica para a bacia do rio Paraíba do Sul, trata-se de experiência relevante e cujas informações poderão ser úteis para este Plano de Gerenciamento de Riscos.

¹ <http://monitordesecas.ana.gov.br/o-monitor-de-secas>

Monitor de Secas Janeiro/2021

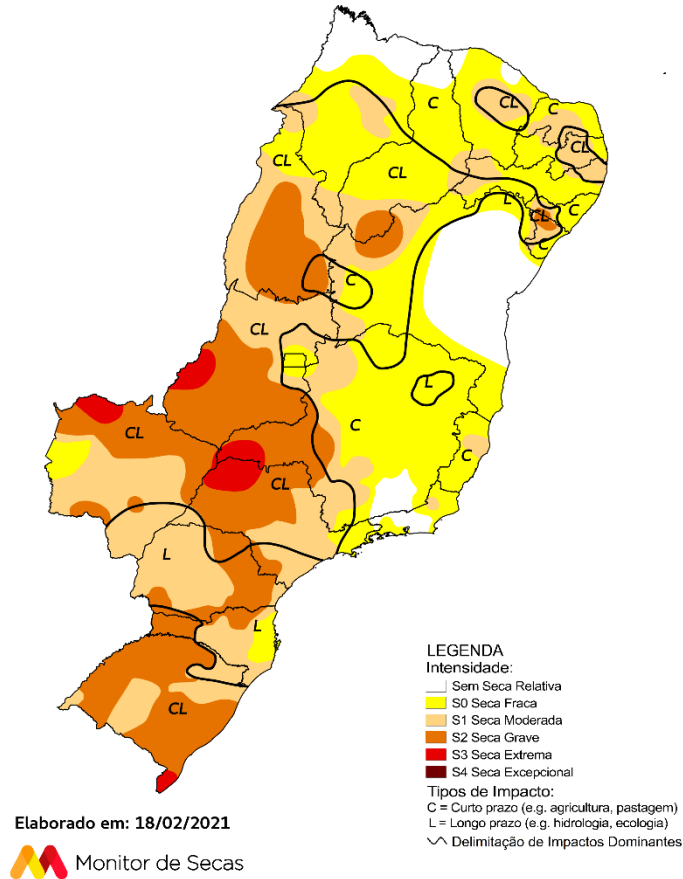


Figura 5.3 – Situação de Secas para o Mês de Janeiro de 2021.
Fonte: Monitor de Secas

Monitor de Secas - Alterações Mensais Janeiro21/Novembro20

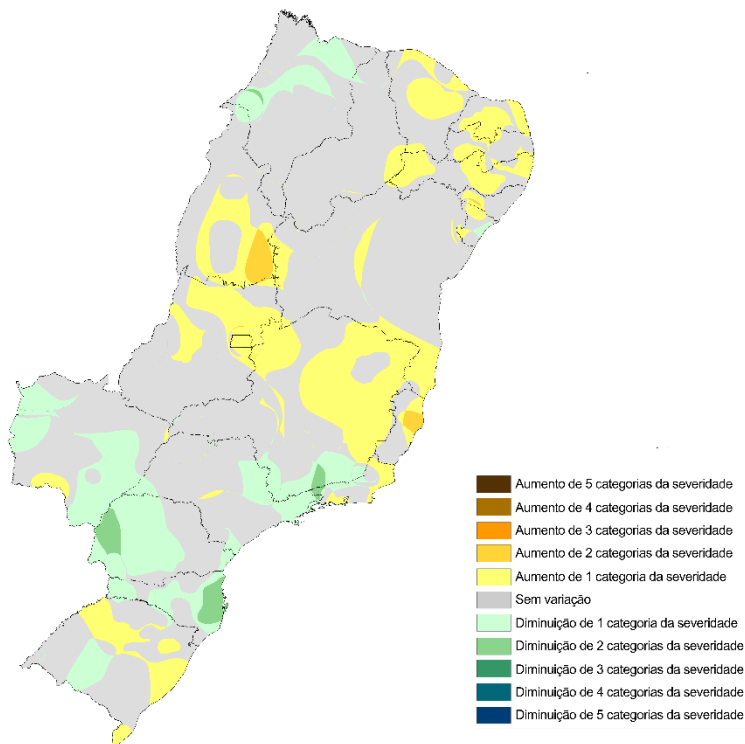


Figura 5.4 – Avaliação de alterações mensais de secas no País.

Fonte: Monitor de Secas

Outra ferramenta importante estabelecida para gerir as estiagens trata do SAR – Sistema de Acompanhamento de Reservatórios², também gerido pela ANA e que reúne e disponibiliza informações dos dados operativos de diversos reservatórios no País, envolvendo aqueles do SIN – Sistema Interligado Nacional, Nordeste e Semiárido e outros sistemas hídricos. Tal sistema apresenta diariamente as informações de afluências, defluências, nível e volume útil (%) de diversos reservatórios, incluindo aqueles do setor elétrico da bacia do rio Paraíba do Sul (Figura 5.5).

² <https://www.ana.gov.br/sar/>

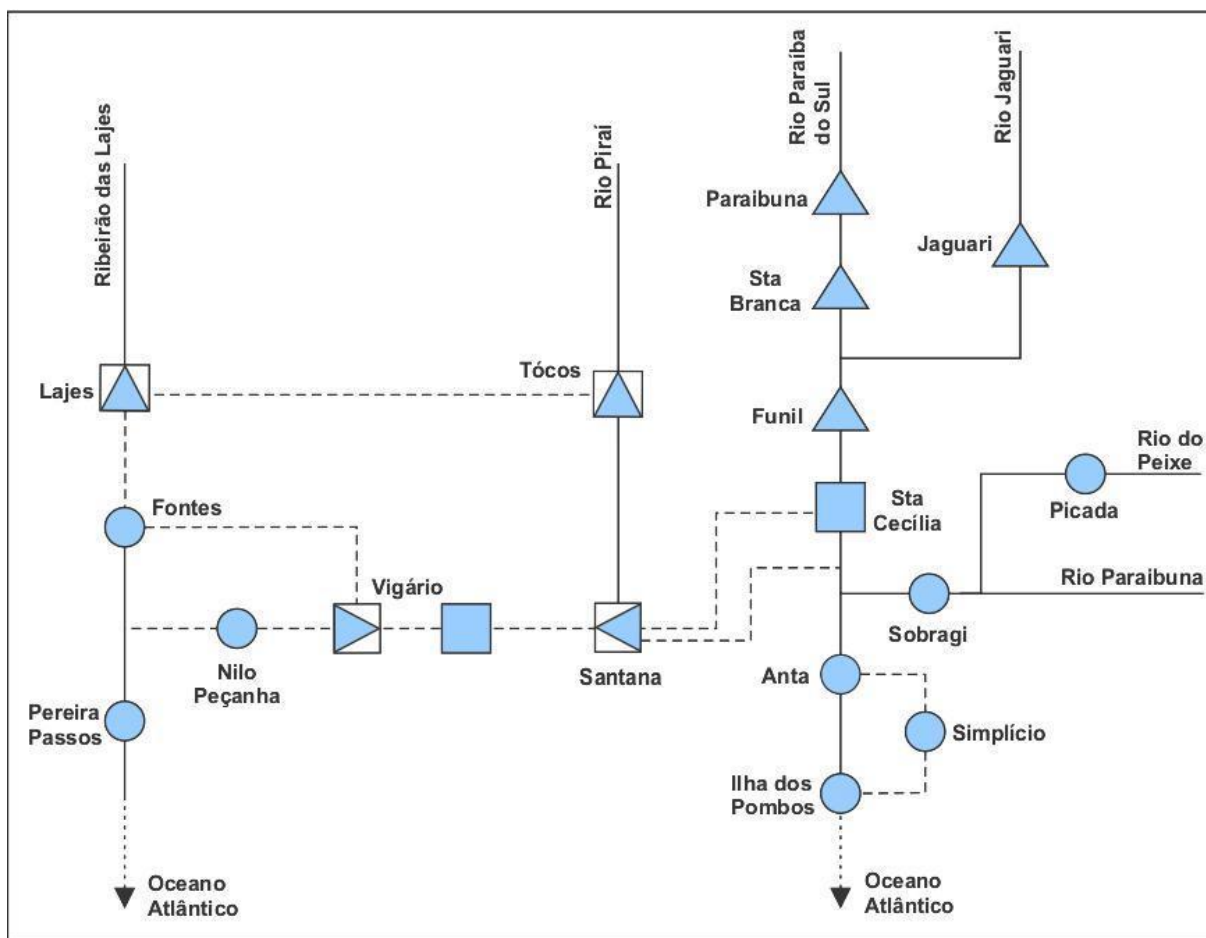


Figura 5.5 – Sistema de Reservatórios da Bacia do Rio Paraíba do Sul monitorados pelo SAR.

▲ Usina com Reservatório ▲ Reservatório ● Usina a Fio d'água ■ Usina de Bombeamento

Fonte: Sistema de Acompanhamento de Reservatórios

5.2 Cheias

Os eventos chuvosos de grande magnitude apresentam uma condição um pouco diferente da estiagem, uma vez que as respostas são mais rápidas na bacia. Assim, o monitoramento pluviométrico e fluviométrico para eventos de cheias deve se valer de dados telemétricos com frequência maior. No caso das cheias, em parte importante do sudeste brasileiro foram verificadas chuvas intensas nos primeiros meses do ano de 2020 levando a inundações ou alagamentos na região.

Os sistemas já apresentados para estiagens e para eventos críticos da ANA como a Sala de Situação Nacional e dos estados também são utilizados para acompanhar os eventos de cheias.

Nesse caso, cabe destacar o Sistema de Alerta de Eventos Críticos – SACE (CPRM, 2021) de responsabilidade do CPRM – Serviço Geológico do Brasil, que vem acompanhando os eventos de cheias nas principais bacias hidrográficas brasileiras. O SACE também apresenta informações para análise de estiagens, mas são aqui destacados seus dados e sua gestão para a análise das vazões máximas.

No contexto do SACE, desde outubro de 1997 vem sendo operado o Sistema de Alerta da Bacia do Rio Doce durante o período chuvoso em parceria com a ANA. O sistema em questão acompanha o nível do rio Doce em vários trechos e, a partir de modelo hidrológico desenvolvido para a bacia permite prever os níveis a serem observados em trechos mais a jusante e comparar com níveis de alerta e de inundação. O quadro apresentado na Figura 5.6, advindo do sistema da bacia do rio Doce mostra um boletim com a situação para o dia 25/02/2021 às 7h da manhã e a previsão com apenas um ponto em Linhares/ES em nível de Alerta, mas com tendência de redução nas próximas horas.

Município Atendido	Estação de Monitoramento	Nível (cm) Alerta	Nível (cm) Inundação	Situação atual Nível (cm) 25/02/2021 às 07:00h	Previsão
Ponte Nova	Ponte Nova	280	330	194	*
Nova Era, Antônio Dias	Nova Era	350	470	167	*
Coronel Fabriciano, Timóteo e Ipatinga	Mário de Carvalho	540	620	290	*
Açucena	Naque Velho	700	740	316	*
Governador Valadares	Governador Valadares	320	360	306	*
Tumiritinga, Galiléia, Resplendor, Conselheiro Pena, Aimerés e Baixo Guandu	Tumiritinga	400	450	346 às 07h 25/02	*
Colatina	Colatina	570	620	437	*
Linhares	Linhares	300	345	337 às 07h 25/02	Nível com tendência a cair gradualmente nas próximas horas.

*Os níveis dos rios e as previsões apresentam valores abaixo da cota de atenção, não apresentando neste caso nenhum risco de inundação. Os níveis de alerta e inundação correspondem à cota na estação de monitoramento.

Figura 5.6 – Quadro resumo do Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Rio Doce.

Fonte: CPRM (2021).

O sistema gerido pelo CPRM também acompanha diversas outras bacias do país, com a emissão de boletins frequentes de acompanhamento e previsão, objetivando o alerta em tempo hábil para minimizar impactos de cheias. Outro exemplo de destaque é o da bacia do rio Madeira, que também teve modelos hidrológicos elaborados e desenvolve previsões para o trecho do rio na cidade de Porto Velho, Rondônia. Assim, com um período de 72 horas prevê os níveis da água com intervalos de confiança de 80% e 95%, o que permite o planejamento

adequado de retirada de pessoas de áreas de possíveis inundações ou alagamentos. A Figura 5.7 do sistema em questão mostra um exemplo de previsão realizada no dia 23/02/2021 para o rio Madeira em Porto Velho.

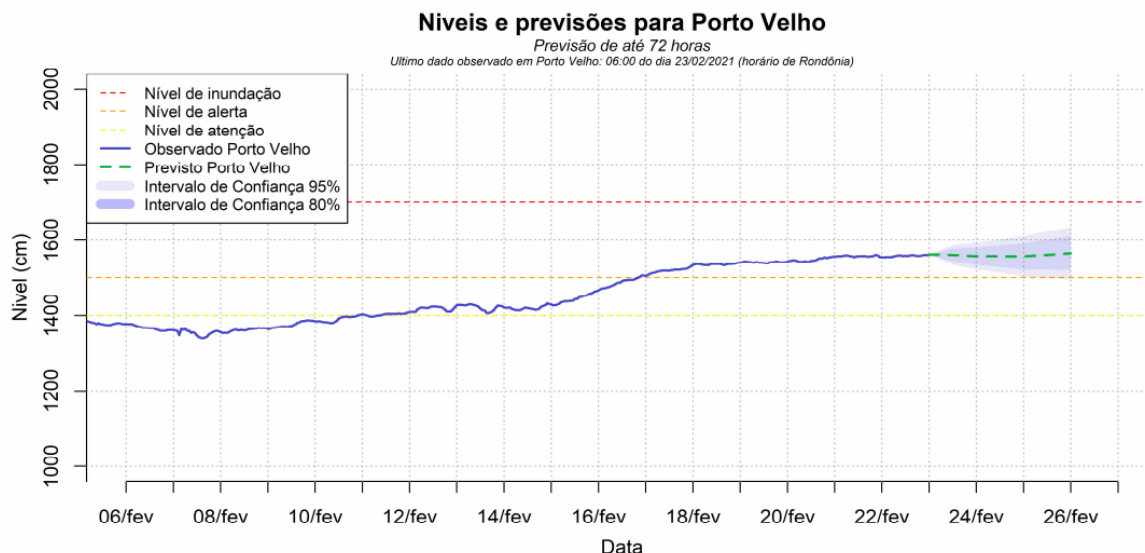


Figura 5.7 – Previsão de cheia do rio Madeira em Porto Velho.

Fonte: CPRM (2021).

Ainda no contexto do sistema em questão, o CPRM também acompanha a bacia do rio Muriaé, com boletins apresentando o nível atual e previsões, comparando com o nível de inundação em alguns trechos do rio de forma a indicar potencial de ocorrência de tal evento.

Uma região também com bastante propensão a eventos de inundações no Brasil trata da bacia do rio Itajaí, em Santa Catarina. Essa região dispõe de um sistema de alerta em desenvolvimento pelo CEOPS/FURB – Centro de Operações do Sistema de Alerta do Vale do Itajaí (CEOPS, 2021). O sistema em questão tem a previsão de avaliar os níveis do rio nas últimas 24h e com base em previsões do tempo estimar as cheias e riscos de inundações. As informações de inundações e monitoramento de níveis de rios e barragens também são disponibilizadas na região pela Defesa Civil de Itajaí³, sendo apresentado o exemplo dos boletins na Figura 5.8.

³ <https://defesacivil.itajai.sc.gov.br/#>



Figura 5.8 – Exemplo de Boletim de Alerta da Defesa Civil de Itajaí.
Defesa Civil de Itajaí (2021)

A análise dos modelos de alerta será feita em maior detalhe no próximo produto, com vistas a verificar as potencialidades de uso, assim como o SISPREC que foi desenvolvido especificamente para bacia do rio Paraíba do Sul.

5.3 Contaminação por Poluentes

Uma análise de experiências similares de eventos de contaminação de poluentes em outras bacias, no âmbito nacional, pode ter como referência outras bacias da região sudeste, sobretudo àquelas onde estão localizadas as regiões metropolitanas e os polos industriais, bem como a malha rodoviária, com destaque para as rodovias que fazem a ligação entre as indústrias e os postos de distribuição para o resto do país e/ou exterior.

5.3.1 Eventos causados por empreendimento industrial ou descarte e disposição de resíduos e efluentes

Segundo os relatórios de Emergências Químicas atendidas pela CETESB no período de 2005 a 2010, em média 6,4% dos atendimentos realizados anualmente foram de acidentes na indústria. As ações de mitigação e contingência no estado de São Paulo são, em geral, bem sucedidas, pois são feitas ações conjuntas entre a CETESB, o Corpo de Bombeiros, a Defesa Civil, a SABESP, a Vigilância Ambiental em Saúde, além da Prefeitura, empresas de telefonia, energia elétrica e as empresas diretamente envolvidas pela contaminação (CETESB, 2010). Em janeiro de 2007 um vazamento de gás na rede pública de esgoto mobilizou a Ultragas, que implantou um sistema de extração de vapores operando por 60 dias até a completa eliminação do contaminante (CETESB, 2007).

Se, por um lado, a contaminação causada por acidentes industriais é relativamente bem controlada no estado de São Paulo, quando o descarte do esgoto industrial é feito de forma ilegal, além de ser difícil identificar os responsáveis (CETESB, 2008), não há remediação. Um estudo realizado pela Fundação Getúlio Vargas – FGV estimou que o volume de esgoto industrial descartado ilegalmente, ponderado por sua carga poluidora, corresponde a 65 milhões de litros por dia (FGV, 2014). O estudo também indicou dez propostas para banir o lançamento ilegal de efluentes industriais:

- 1) Fortalecimento do efetivo da CETESB de monitoramento e fiscalização;
- 2) Criação de protocolo de cooperação entre CETESB e entidades da sociedade civil para auxiliar no monitoramento do descarte irregular;
- 3) Condicionamento da renovação de alvarás e autorizações municipais, bem como do corpo de bombeiros, à conformidade do lançamento de efluentes;
- 4) Esforço de hidrometração de todos os poços da RMSP e sistema de monitoramento à distância, permitindo controlar o intake de água no sistema e estimar o descarte;
- 5) Elaboração de modelo para cálculo de balanço hídrico nas indústrias;
- 6) Inclusão no relatório do Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) e nos critérios de financiamento de bancos públicos e privados de declaração sobre aderência da empresa e fornecedores quanto ao descarte ilegal;
- 7) Criação de sistema eletrônico que cruze informações de licenciamento e outorgas de órgãos como CETESB, DAEE e IBAMA, facilitando a fiscalização;
- 8) Criação do selo de lançamento sustentável;
- 9) Engajamento do Ministério Público no papel de fiscalização e denúncia;
- 10) Aferição de prejuízos à saúde e à renda da população diretamente afetada pelo lançamento de efluentes ilegais e propositura eventual de ações coletivas.

Um caso relacionado à contaminação por agrotóxicos no Estado de São Paulo ocorreu no Recanto dos Pássaros, localizado no município de Paulínia, em fevereiro de 2001. Segundo (SUASSUNA, 2001) a contaminação foi causada pela Shell, devido a pelo menos três vazamentos em tanques de armazenamento de líquidos residuais, além da permanência de aterros clandestinos que a empresa mantinha na área. Os agrotóxicos organoclorados Endrin, Dieldrin e Aldrin foram detectados no lençol freático sob as chácaras do Recanto dos Pássaros, entre a fábrica e o rio Atibaia (CBH dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá), afluente do Rio Piracicaba que abastece, entre outras, as cidades de Americana e Sumaré (SUASSUNA, 2001). O histórico do caso pode ser consultado em REZENDE (2005) e nos Mapas de Conflitos envolvendo Injustiça Ambiental e Saúde no Brasil elaborados pela Fundação Oswaldo Cruz, disponível em <http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/>.

Dentre os estudos desenvolvidos na área, cabe citar os de Ribeiro et. al. (2011) e Ribeiro et. al. (2010). Nos estudos em questão, os autores desenvolveram equações básicas para predição do coeficiente de dispersão longitudinal de poluentes em rios de médio porte e, a partir daí, fizeram a proposta de um sistema de alerta. O sistema em questão teria a finalidade

de prever o tempo de percurso dos poluentes em função do ponto em que ocorrer o despejo de um poluente. Assim, é possível estimar a distribuição temporal de concentrações da passagem da nuvem de poluentes a jusante do respectivo lançamento. Ainda no contexto dos estudos desenvolvidos para a bacia, cita-se o de Costa et. al. (2018), que abordaram o comportamento do transporte e dispersão de poluentes relacionados ao despejo acidental de substâncias químicas pelo transporte rodoviário na bacia do rio Paraibuna. As informações referentes aos estudos em questão serão avaliadas mais a fundo na próxima etapa deste trabalho, com vistas a verificar a possibilidade de consideração na proposta de plano de gerenciamento de riscos.

Em outras regiões do Brasil, o que se observa é que em praticamente todos os centros industriais há registros de liberação irregular de efluentes e, como nem sempre é possível rastrear os responsáveis ou mensurar o volume de poluentes, em muitos casos não se sabe a extensão das consequências ambientais e, conseqüentemente, não são conhecidas outras ações de remediação além do tratamento do esgoto industrial. Dois casos em distintas regiões do Brasil ganharam destaque nos últimos anos, um na Região Metropolitana de Porto Alegre – RS, na área de abrangência do CBH Rio dos Sinos, causado pela liberação clandestina de efluentes industriais (VIECELE e BAUER, 2016), outro no município de Barcarena – PA, dentro da Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, causado por despejo de rejeitos pela mineradora norueguesa Hydro Alunorte (OLIVEIRA e NOGUEIRA, 2018).

5.3.2 Eventos relacionados ao transporte em polidutos

A maior parte dos oleodutos do país, mais de 9.000 km, é controlada pela Petrobras (ANP, 2018), sendo a maioria dos terminais localizada na região centro-sul, com destaque para a região sudeste onde, conseqüentemente, o registro de ocorrências de vazamentos em dutos é maior (CETESB, 2021; FOLHA, 2000). A maioria dos vazamentos ocorre devido à corrosão ou à ação de terceiros, seja danos acidentais ou após furtos. A seguir serão brevemente apresentadas algumas destas ocorrências.

Em fevereiro de 2008, no município de Cajamar – SP, a CETESB atendeu a ocorrência de um vazamento de 2 m³ de resíduo líquido (óleo + água), 500 litros de óleo cru e 1900 kg de resíduo sólido provenientes do oleoduto “OPASA”, devido ao aparecimento de uma fissura na tubulação. O vazamento atingiu o solo, vegetação de encosta bem como sistema hídrico, sendo eles uma lagoa e, mais à jusante, um córrego cuja água era utilizada pela população rural circunvizinha. Os trabalhos de contingência e mitigação envolveram “estancamento do vazamento e vedação do furo, limpeza de solo e vegetação contaminada, bem como a contenção e remoção de óleo sobrenadante com utilização de barreiras de contenção e absorventes, bombas portáteis e material absorvente granuloso” (CETESB, 2008).

Em setembro de 2010, durante serviços de manutenção de via, agentes da Prefeitura Municipal de Mogi das Cruzes - SP atingiram o duto “OSVAT 22”, resultando no vazamento de cerca de 180.000 litros de gasolina que atingiram o solo e a água. Foi realizada remoção de parte da gasolina e também do solo contaminado (CETESB, 2010).

Vazamentos causados após tentativas de furto são frequentes na região sudeste, sendo que no período entre 2011 e 2018 a Petrobras identificou 187 perfurações irregulares (G1, 2019). Um dos casos mais emblemáticos pelos danos e o alcance do atingimento foi o acidente de 16 de julho de 2000, quando o oleoduto Santa Catarina-Paraná (OSPAR) se rompeu e quatro milhões de litros de petróleo cru vazaram e contaminaram a bacia do arroio Saldanha e os rios Barigui e Iguaçu (PILCHOWSKI 2003).

Ressalta-se a importância de análise do mineroduto Minas-Rio, pois nos dias 12 e 29/03/2018 houveram dois vazamentos no trecho compreendido entre as estações de bomba EB-2 e PMS-5, na região de Santo Antônio do Grama (MG), paralisando as operações. Tais acidentes foram causados pelo processo progressivo denominado corrosão-fadiga, ocasionando na liberação de cerca de 318 toneladas de sólidos de minério de ferro no primeiro vazamento e 174 toneladas no segundo, atingindo o ribeirão Santo Antônio (IPT, 2018).

5.3.3 Eventos relacionados ao transporte de produtos perigosos

Como pode ser constatado por meio do inventário de acidentes na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul (item 4.4.3), os acidentes rodoviários nem sempre causam contaminação dos cursos d'água. Utilizando como parâmetro os acidentes ocorridos em São Paulo, em média 20% das ocorrências atendidas pela CETESB anualmente entre 2005 e 2010 resultaram em contaminação das águas. Com relação aos impactos e as ações de contingência e mitigação, pouco tem sido feito aos acidentes reportados na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. Em parte, segundo o Relatório Executivo elaborado por IPEA, DENATRAN e ANTP (2006) que dispõe que *“os impactos ambientais relacionados à acidentes com produtos químicos, além de difícil mensuração, podem ter implicações totalmente diferenciadas, dado que, para cada produto químico lançado ao ambiente, os impactos são diferenciados e podem variar dependendo do tipo de solo, vegetação, clima da região onde houve o acidente; podem variar, também, de acordo com as características individuais de cada um dos produtos químicos, bem como sua concentração no ambiente, seu peso, densidade, etc. Portanto, mensurar os custos ambientais em decorrência de acidentes de trânsito envolvendo carga de produtos químicos é uma tarefa difícil.”*

Aqui novamente o estado de São Paulo pode ser usado como parâmetro, haja vista que, devido à sua extensa malha rodoviária, por onde transitam diariamente milhares de veículos transportando produtos químicos, contribui com o maior número de registros anualmente (CETESB, 2010). No período entre 1º de maio de 2008 a 31 de maio de 2018, dos 3.896 acidentes ambientais envolvendo produtos químicos, 55,21% eram correspondentes ao modal rodoviário (CETESB, 2018). Segundo os Relatórios de Emergências Químicas atendidas pela CETESB entre 2005 e 2010, a maior incidência desses acidentes foi observada nas rodovias Régis Bittencourt, Washington Luiz, Presidente Dutra, Presidente Castello Branco, Anhanguera e Bandeirantes, próximo à Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e, principalmente no interior do estado, próximo aos municípios dotados de parques industriais desenvolvidos, sobretudo nas regiões dos CBHs Sorocaba e Médio Tietê e dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Em Campinas e região há três importantes pontos de vulnerabilidade dentro do CBH da Bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí em locais onde essas importantes rodovias cruzam os rios (PEDRO e COSTA, 2009).

Pontualmente houve diminuição no número de acidentes, como no caso da Régis Bittencourt, em virtude de melhorias implantadas pela concessionária administradora. No período citado, um acidente com um caminhão bitrem, ocorrido em 2006 no km 435 da Rodovia Washington Luiz, resultou no vazamento de 38.000 litros de óleo diesel que atingiram o solo e a represa municipal de São José do Rio Preto, na região do CBH Turvo – Grande, prejudicando o abastecimento durante uma semana. Como medida de contenção foi instalada uma barreira de 300m para conter o óleo, cuja remoção foi feita com bombas de hidrovácuo (ACAYABA, 2006).

Em 2010 a CETESB registrou outro acidente, desta vez na pista oeste do Rodanel, km 58. O acidente ocorreu devido ao choque de dois caminhões, um deles transportando metanol,

tolueno e solventes inflamáveis. Como consequência, houve vazamento de 400 litros de produtos, com atingimento do sistema de drenagem de água pluvial e contaminação de uma área adjacente de 420 m². Os trabalhos de contingência e remediação foram integrados entre as equipes do Setor de Atendimento a Emergências e da Agência Ambiental de Santo Amaro da CETESB, profissionais da Polícia Rodoviária Estadual, Corpo de Bombeiros, DERSA, empresas transportadoras e da prestadora de serviço de atendimento de emergência química contratada pela transportadora (CETESB, 2011), que instalaram barreiras na canaleta do sistema de drenagem da pista e aplicaram material absorvente no córrego que margeia a rodovia, de forma que foi possível impedir a contaminação da represa Billings (CETESB, 2011).

Outros exemplos de experiências na Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste são observados na bacia do rio Guandu, quando, em abril de 2014, uma carreta tombou no km 222 da BR-116, resultando no vazamento de 30.000-35.000 L de biodiesel. O acidente impactou o solo, a vegetação e os cursos d'água, atingindo, inclusive, o reservatório de Ponte Coberta. Na época, parte do material foi recuperado ou contido através de uma série de medidas adotadas, desde a pista, canaletas de drenagem até nos cursos d'água, segundo o Plano de Contingência da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu (DRZ, 2015).

Na Região Hidrográfica do Paraná, a BR-277 é a rodovia mais importante do estado do Paraná, sendo responsável pela ligação Leste - Oeste no estado e, conseqüentemente, é a rodovia que mais registra acidentes com produtos perigosos. Em seu traçado, a rodovia atravessa mais da metade das bacias hidrográficas do estado, inclusive intercepta grande parte dos pontos de captação de água para abastecimento público (CARNIATTO et al., 2019). Para as ocorrências relatadas na rodovia em questão, nem sempre foram tomadas medidas de contingência e mitigação, seja pela demora no atendimento, como foi o caso de um vazamento de produto altamente tóxico e solúvel em 2017, no município de Matelândia (G1, 2017), ou pela deficiência na infraestrutura de contenção, como ocorreu em 2007 na BR-277, entre Curitiba e o litoral, quando um caminhão provocou o vazamento de 20.000 litros de álcool. Apenas 6.000 litros foram contidos pelas canaletas da pista, enquanto o restante atingiu um córrego no município de Morretes (TRIBUNA, 2007).

Outra rodovia crítica é a BR-101, cuja vulnerabilidade em acidentes com transporte de produtos perigosos foi avaliada na região Sul, entre os municípios de Torres e Osório, no Rio Grande do Sul (TINOCO, NODARI e PEREIRA, 2016), e em dois trechos na região Nordeste, um no baixo curso do rio Capibaribe, no estado do Pernambuco (BEZERRA et al. 2018), outro entre os municípios de São Miguel dos Campos e Flecheiras, no estado do Alagoas (ANDRADE et al., 2020).

Como exemplo de acidente ferroviário com graves impactos nos recursos hídricos cita-se o acidente da FCA em Uberaba-MG, no dia 10 de junho de 2003, em que toda uma composição descarrilou sobre uma ponte na zona rural de Uberaba, atingindo o córrego Alegria (Afluente do Rio Uberaba), em localidade próxima a montante da captação de água do município. Dos 18 vagões, oito carregavam 381 toneladas de metanol, cinco continham 245 toneladas de 2-Etil-1-hexanol, e mais 94 toneladas de isobutanol, com 147 toneladas de cloreto de potássio totalizando a carga (FERRARI, 2003). Entre os impactos descritos, cita-se que inicialmente o sistema de abastecimento de água do município captou a água poluída com o material, que comprometeu todo o sistema de tratamento de água e alguns reservatórios e, então, o abastecimento foi interrompido por dias, período no qual 250 mil habitantes receberam água exclusivamente por meio de caminhões Pipa (G1 2013).

Visando reduzir a incidência de acidentes envolvendo o transporte de produtos perigosos e estabelecer condições para minimizar os impactos ambientais, como primeira medida, segundo SOUZA et al. (2018), deve ser feita uma avaliação dos pontos mais susceptíveis a acidentes com riscos ambientais, bem como a identificação, classificação e as ações de emergência das cargas transportadas. NARDOCCI e LEAL (2006), TEIXEIRA (2005) e MABROUK et al. (2017) apontam uma série de recomendações voltadas para um sistema integrado e uniformizado de informações não apenas sobre os acidentes, mas também sobre as substâncias químicas envolvidas, bem como sua toxicologia, informações sobre recursos humanos e materiais remobilizáveis em caso de acidentes, dentre outras medidas. Obras de infraestrutura, como canaletas e reservatórios para contenção de vazamentos, tais como o existente em rodovias modernas, como a Bandeirantes e Imigrantes, também podem ser adotadas (G1, 2015). Costa *et al.* (2018) recomenda também a criação de um Plano de Alerta para a população dependente do recurso hídrico afetado, uma vez que nem todos os acidentes são reportados pela mídia. Outras recomendações também são abordadas por Real e Braga (2000), Cunha (2009), Almeida (2010), Santos (2010), DRZ (2015), Pinheiro e Pedroso (2016), Maslac *et al.* (2017), Troglio *et al.* (2018) e CETESB (2018).

5.4 Rompimento de Barragens

O estudo dos diversos rompimentos de barragens ocorridos e relatados ao longo dos anos permitiu observar os impactos causados pela ruptura da barragem nas estruturas e populações situadas a montante e a jusante, afetados pelas inundações e carreamento de materiais decorrentes das rupturas. No entanto, deve-se ressaltar que os recursos hídricos impactados estendem-se além dos trechos lindeiros às barragens e compreendem as fontes de recursos de abastecimento para alimentação, agronegócios e indústrias situadas ao longo das bacias diretamente atingidas ou, ainda, das bacias receptoras de cursos hídricos diretamente afetados. Estes impactos podem provocar a perda de vidas humanas, bem como perdas econômicas, sociais e ambientais que, por vezes, excedem a capacidade de recuperação das comunidades atingidas.

Dentre as referências apresentadas pela ENGEORPS (2012) podem ser destacados estudos portugueses do Instituto Nacional das Águas – INAG (ALMEIDA, 2001) e do Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC (ALMEIDA *et al.* 2003); estudos americanos do US Army Corps of Engineering (USACE, 2010a, b) e do Bureau of Reclamation (GRAHAM, 1999); e estudo australiano do DNRM – *Department of Natural Resources and Mines* (2002).

O registro do histórico de ocorrências recentes e a respectiva análise dos impactos sobre os trechos e comunidades afetadas por estas rupturas visam formar um arcabouço de dados e informações que permitam estimar os impactos decorrentes de rupturas em barragens intactas que, no entanto, podem estar sob risco. Estes riscos podem estar associados, de acordo com Pereira (2020): aos aspectos geotécnicos, como problemas nas fundações, recalques, pressões neutras elevadas, instabilização dos aterros, etc.; aos aspectos hidrológicos, como o galgamento da estrutura da barragem; aos aspectos construtivos, como falhas na concepção do projeto ou na execução dos elementos previstos; e, por fim, às causas diversas, como a operação e/ou manutenção inadequadas.

Tais aspectos serão objeto de análise a serem realizadas e apresentadas nos Produtos seguintes deste Projeto, que envolvem a probabilidade, o dano e o risco do rompimento de barragens na Bacia. Nos subitens a seguir são descritos exemplos relevantes de casos de ruptura de barragens ocorridas no Brasil. Os exemplos estão separados entre barragens de aproveitamentos hidráulicos e barragens de armazenamento de rejeitos.

5.4.1 Barragens de aproveitamentos hidráulicos

Pereira (2020) elaborou um compêndio com os principais eventos de rupturas de barragens no mundo, incluindo ocorrências no Brasil. Os eventos brasileiros relacionados ao aproveitamento hidráulico estão relacionados no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Características das barragens e consequências de rupturas pretéritas ocorridas no Brasil.

Barragem	Localidade	Data da ocorrência	Volume de material mobilizado (m ³)	Tempo de deslocamento	Alcance	Regiões afetadas	Principais impactos	Vítimas	Comunidades afetadas	Edificações afetadas
Orós	Orós, CE	25/03/1960	660.000.000	A frente da cheia atingiu o Oceano Atlântico 4 dias após a ruptura. A crista da cheia ocorreu em 6 dias e 14h, e a cauda da cheia em 13 dias após a ruptura.	340 km	Bacia do Rio Jaguaribe e Oceano Atlântico	Destruição parcial da represa em construção e consequente atraso no cronograma da obra; Atingimento de comunidades a jusante, gerando vítimas fatais e deslocamento e evacuação de famílias; Irrigação, piscicultura, agricultura e turismo ao longo da Bacia do Rio Jaguaribe; Aproveitamento hidroelétrico da Bacia do Rio Jaguaribe	Cerca de 1.000 mortos e 100.000 pessoas evacuadas	Comunidades ao longo do Vale do Rio Jaguaribe	Não informado
Euclides da Cunha e Armando Salles de Oliveira (Limoeiro)	Caconde / São José do Rio Pardo / Mococa, SP	19/01/1977	Não informado	Cerca de 30 minutos entre as duas barragens (deslocamento de 20 km/h entre 12 km de distância)	12 km	Bacia do alto Rio Pardo	Destruição parcial de 2 barragens; aproveitamento hidrelétrico na bacia do rio Pardo	Não informado	Não informado	Não informado

Barragem	Localidade	Data da ocorrência	Volume de material mobilizado (m ³)	Tempo de deslocamento	Alcance	Regiões afetadas	Principais impactos	Vítimas	Comunidades afetadas	Edificações afetadas
Pampulha	Belo Horizonte, MG	01/04/1954	Não informado	Não informado	Até a foz do Córrego Pampulha, no Rio das Velhas	Bacia do Córrego Pampulha	Destruição parcial da barragem; abastecimento de água da cidade de Belo Horizonte	Não informado	Não informado	Não informado
Camará	Alagoa Grande, PB	19/06/2004	Não informado	Não informado	Não informado	Bacia do Rio Mamanguape	Destruição parcial da barragem; Abastecimento de água da cidade de Alagoa Grande	4 mortos e 3.000 desabrigados	Alagoa Grande e outras 3 cidades afetadas	Não informado

Fonte: Pereira (2020)

5.4.2 Barragens de armazenamento de rejeitos

Dentre os acidentes recentes relacionados às rupturas de barragens no Brasil, destacam-se as rupturas das barragens de Fundão, em Mariana - MG, ocorrida em novembro de 2015, e da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho - MG, ocorrida em janeiro de 2019. As principais características e consequências destas rupturas estão relacionadas no Quadro 5.2.

Quadro 5.2 – Exemplos de casos de destaque de rupturas de barragem de rejeitos, características das barragens e impactos.

Barragem	Mina do Córrego do Feijão	Mina de Fundão
Localidade	Brumadinho, MG	Mariana, MG
Bacia hidrográfica	Rio Paraopeba, sub-bacia do Rio São Francisco	Rio Doce
Data da ocorrência	25/01/2019	05/11/2015
Volume de material mobilizado (m ³)	12.700.000	39.200.000
Tempo de deslocamento	Rejeitos atingiram o Rio São Francisco em 12/03/2019	Rejeitos atingiram o oceano 16 dias após o acidente, espalhando-se pela área costeira
Alcance	Superior a 120 km	670 km
Regiões afetadas	Bacia do Rio Paraopeba e parte da Bacia do Rio São Francisco. Na calha do Ribeirão Ferro-Carvão até sua confluência com o Rio Paraopeba, ficaram depositados 7.800.000m ³ , e a parte restante (2.200.000m ³) atingiu a calha do Rio Paraopeba, propagando-se até o remanso da Usina Hidrelétrica (UHE) de Retiro Baixo, situada entre os municípios mineiros de Curvelo e Pompéu.	Cerca de 18.900.000 m ³ de rejeito atingiram o oceano, espalhando-se pela área costeira. Diversos municípios ao longo da Bacia do Rio Doce, nos estados de MG e ES, e na foz do Rio Doce. Cerca de 40 km do Parque Estadual do Rio Doce, nas margens do Rio Doce que configuram seu limite natural ao leste.

Barragem	Mina do Córrego do Feijão	Mina de Fundão
Principais impactos	Contaminação e conseqüente restrição de uso de água subterrânea; Intensificação de processos erosivos; Aumento na demanda de águas subterrâneas; Assoreamento de corpos hídricos; Retenção de sólidos em barramentos; Mudança das características do relevo na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão; Intensificação de processos erosivos; Alteração das características morfológicas dos cursos d'água; Interrupção de atividades minerárias na bacia hidrográfica do Rio Paraopeba; Alteração da produtividade primária; Aumento de bioacumulação e ecotoxicidade na biota aquática; Redução da heterogeneidade ambiental; Alteração do potencial/capacidade de autodepuração do Rio Paraopeba; Perda de indivíduos da ictiofauna; Bioacumulação de metais e ecotoxicidade em peixes; Perda de habitats aquáticos; Redução do fluxo gênico em espécies vegetais; Alteração na ciclagem de nutrientes	Mudança na geomorfologia do rio devido à deposição de rejeitos nas margens e leitos do rio; Deterioração da qualidade da água; Perda de comunidades bióticas; Perda de residências e locais de trabalho; Interrupção dos meios de subsistência; Perda de patrimônio cultural; Interrupção do abastecimento de água
Vítimas	270 mortos, sendo 11 ainda desaparecidos Pelo menos 348 animais, entre cães, gatos, bovinos, equinos, aves e répteis, sendo alguns abatidos por agentes da Polícia Federal em decorrência da impossibilidade de resgate	19 mortos e o deslocamento de mais de 220 famílias
Comunidades afetadas	Betim, Brumadinho, Curvelo, Esmeraldas, Felixlândia, Florestal, Fortuna de Minas, Igarapé, Juatuba, Maravilhas, Mário Campos, Papagaios, Pará de Minas, Paraopeba, Pequi, Pompéu, São Joaquim de Bicas, São José da Varginha, e comunidades indígenas	Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo, Gesteira e Barra Longa Comunidades situadas ao longo da Bacia do Rio Doce
Edificações afetadas	Não informado	806 edificações afetadas e 218 destruídas
Fonte	Diagnóstico Inicial de Impactos do Rompimento (https://www.mg.gov.br/conteudo/pro-brumadinho/diagnostico-inicial-de-impactos-do-rompimento)	Painel do Rio Doce: https://www.fundacaorenova.org/painel-rio-doce/

Além das barragens de armazenamento de rejeitos de mineração há, ainda, eventos pretéritos de rupturas de barragens de bacias de contenção, como a ruptura da bacia de contenção de vinhaça, ocorrida em 26/07/2018, na Usina Porto Seguro, afetando o córrego Verde e o rio Tenente Amaral, na cidade de Jaciara, no Mato Grosso. O resíduo atingiu os cursos hídricos,

gerando mortalidade de peixes, além de afetar o abastecimento de água e o turismo na região. Foram observadas irregularidades nas bacias de contenção e no tratamento de efluentes, além do assoreamento do córrego, poluição de nascentes, contaminação do solo e dos recursos hídricos e destruição da vegetação nativa (G1 - Globo, 2018).

5.5 Intrusão Salina

Tratando de exemplos brasileiros de experiências de fora da bacia do rio Paraíba do Sul relacionados à intrusão salina, basta considerar que, na costa brasileira há diversas cidades litorâneas, além de onze capitais, que utilizam as águas subterrâneas para o abastecimento público. O uso intensivo deste recurso gera risco de degradação dos aquíferos costeiros devido ao avanço de cunhas salinas, como já tem ocorrido em capitais densamente povoadas, entre elas Fortaleza, Maceió, Recife e Rio de Janeiro (ANTÔNIO e BUENO, 2013).

A região catarinense do rio Itajaí-Mirim, no baixo estuário do rio Itajaí-Açu, é local de captação de grande parte da água fornecida para consumo dos municípios de Itajaí e Navegantes. Contudo, nos períodos de estiagem vem sofrendo devido às suas características geomorfológicas, principalmente a baixa declividade, que favorece o avanço da cunha salina. O principal agente causador do problema da salinização na região da estação de captação do São Roque é também devido a irregularidade climática que a bacia do rio Itajaí-Mirim está sujeita. Nos períodos em que ocorrem chuvas regulares na bacia, a vazão é mantida em valores altos o suficiente para manter a intrusão a jusante da estação da captação da água, ao passo que em situações de períodos prolongados de estiagem ocorre o avanço da cunha salina.

No estado do Rio de Janeiro, além do município de São João da Barra, a região leste fluminense também sofre com a salinidade de suas águas causada pela intrusão salina. A fim de criar subsídios para o gerenciamento de seus recursos hídricos, foi criado o Projeto ACOST-RIO, que apresentou um estudo piloto na região de Niterói, tida como um boa representante devido ao seu processo de urbanização desordenado e consequente forma indiscriminada de utilização de seus recursos hídricos (SILVA JÚNIOR et al., 2000). Além dos dados hidrogeológicos, a caracterização da intrusão salina, contou também com levantamentos topográficos e sondagens geofísicas com GPR e eletrorresistividade.

No Nordeste, onde os períodos de estiagem são mais severos, há potencialização dos casos de intrusão salina, principalmente nas regiões metropolitanas, no litoral, que são os locais mais densamente povoados. Rocha (2005) aponta que grande parte dos problemas com salinização no estado de Alagoas está relacionado com uma gestão ineficiente, onde não há controle no planejamento dos poços, nem no nível de exploração, bem como não há programas de prevenção da contaminação dos aquíferos costeiros. OLIVEIRA et al. (2018) avaliou o comportamento da cunha salina no Complexo Barreira/ Marituba na costa de parte da região metropolitana de Maceió através de dois métodos, um utilizando alguns índices e razões iônicas na investigação das possíveis fontes de contaminação e na avaliação da qualidade da água subterrânea, outro através de simulações com o intuito de modelar a salinização em dois cenários futuros elaborados com base em evidências observadas. Outra observação apontada neste trabalho é que, dentre outras causas para a salinização, as concentrações de cloreto são bastante sensíveis às variações temporais.

Em Recife os problemas com a salinização são similares aos de Maceió. Costa Sobrinho (2014) também apresenta uma análise dos efeitos da salinização em aquíferos costeiros, cujas causas são, principalmente, a exploração excessiva dos poços e o mal planejamento de novas instalações, embora a gestão de águas subterrâneas seja exercida conjuntamente pelo

órgão ambiental do estado e pelo órgão gestor de recursos hídricos, que são responsáveis pela concessão das licenças de instalação e operação de poços (ANTÔNIO e BUENO, 2013).

Em Fortaleza, a Vigilância Sanitária do estado do Ceará proibiu o bombeamento em poços de captação de água subterrânea, pois o nível de salinização das águas nos aquíferos costeiros é bastante elevado devido à exploração exagerada (SILVA e GOMES, 2007). Apesar da proibição, as barracas da beira-mar ainda fazem uso da água dos poços, entretanto, elas correspondem a uma parcela muito baixa da exploração total da área, cabendo a necessidade de serem estudadas as causas da intrusão salina nos aquíferos costeiros de Fortaleza e os responsáveis (SILVA e GOMES, 2007). Além dessa problemática, a bacia metropolitana do estado sofre com acréscimo na salinidade em função das atividades antrópicas exercidas nas proximidades dos reservatórios (PALÁCIO et al. 2011).

ANTÔNIO e BUENO (2013) apontam uma série de medidas de atuação de gestão, incluindo a relocação de pontos de extração de água através dos poços, extrações de água subterrânea salobra das camadas salinizadas e lançamento no mar, e a cartografia de vulnerabilidade de aquíferos. Experiências internacionais, adotadas em países como Espanha, Estados Unidos, Canadá, Austrália, têm sido baseadas na recarga artificial, que consiste na injeção de água doce na posição da interface ou próximo a ela no continente, fazendo com que se mova em direção ao oceano (ANTÔNIO e BUENO, 2013).

5.6 Experiências de Planos de Gerenciamento de Riscos em Outras Bacias, Áreas do Conhecimento ou Internacionais

Para o início do desenvolvimento deste estudo, a pesquisa bibliográfica realizada não identificou nenhum plano de gerenciamento de riscos especificamente desenvolvido de forma completa para bacias hidrográficas no Brasil. O único plano identificado foi desenvolvido pelo CBH São Francisco para a bacia do rio São Francisco e foi realizado de forma conceitual como um PGC – Plano de Gerenciamento de Crises, abordando aspectos também relacionados à qualidade/quantidade devido a potenciais rompimentos de barragens ou estruturas de contenção de rejeitos ou produtos tóxicos, que possam afetar os usos existentes na bacia. Sua estrutura é apresentada na Figura 5.9, considerando um processo de gerenciamento de crises desenvolvido em quatro etapas. Nesse sentido, o processo inicia com o planejamento e preparação para a gestão da crise e segue para o momento em que são identificados os gatilhos e a crise é instalada, passando pela adoção do plano de crise propriamente dito e sua conclusão e análise dos resultados.

Nesse sentido, o presente plano vem sendo desenvolvido de forma semelhante, mas já avançando para o processo de planejamento em maior detalhe, que trata da etapa de preparação / planejamento considerada no PGC do São Francisco.

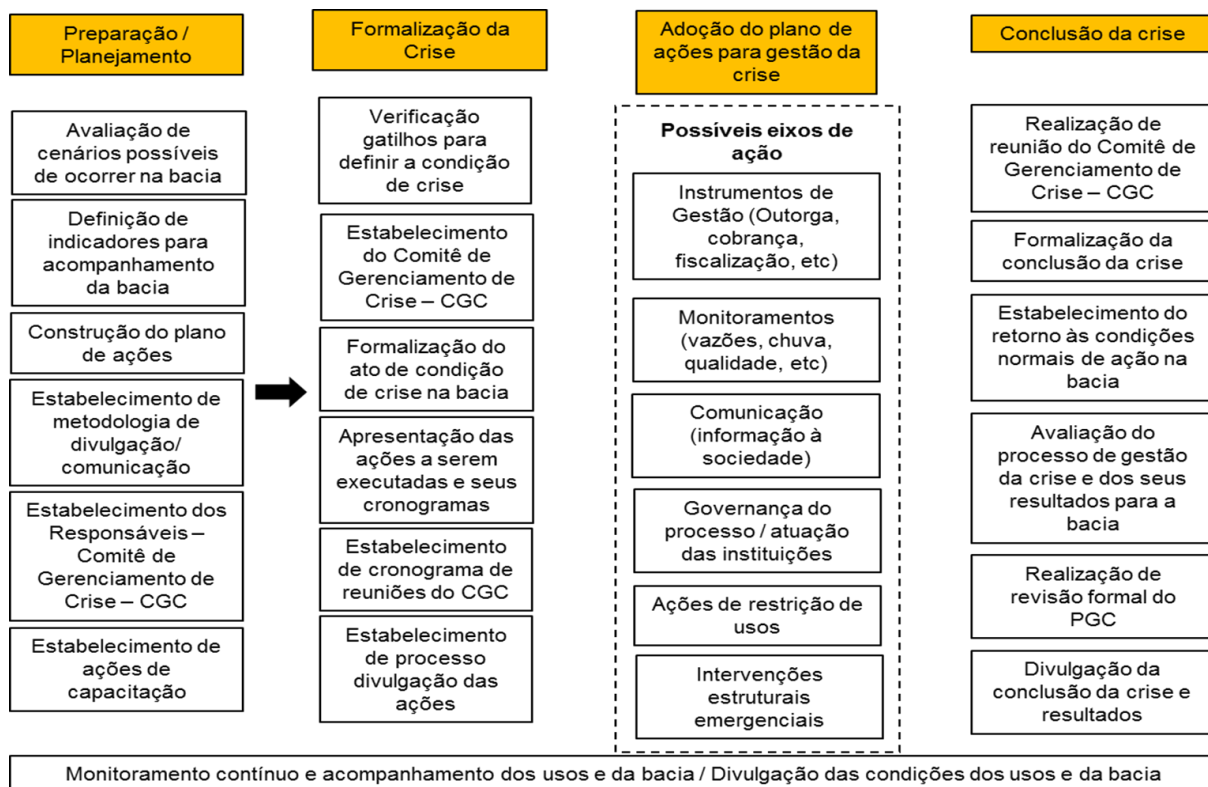


Figura 5.9 – Modelo Conceitual Proposto para o Plano de Gerenciamento de Crises da Bacia do Rio São Francisco.

Fonte: Castro (2019)

De abrangência nacional, cabe citar o Plano Nacional de Segurança Hídrica – PNSH que apesar de não ter relação direta com o gerenciamento de riscos como o previsto para o presente estudo, trata de um planejamento de infraestrutura hídrica de natureza estratégica e de relevância regional, com horizonte temporal até 2035 e que tem o objetivo de redução de impacto de secas e cheias. Assim, de alguma forma, as ações previstas no ANA (2019), quando implementadas, irão minimizar impactos da ocorrência de eventos críticos voltados às estiagens e cheias. Como resultado das análises desenvolvidas naquele estudo, o PNSH selecionou um conjunto de intervenções estruturantes, envolvendo:

- Barragens com o objetivo de regularização da oferta de água para abastecimento humano ou usos múltiplos, e para controle de cheias.
- Infraestrutura de condução e derivação de água para abastecimento humano ou usos múltiplos – sistemas adutores, canais e eixos de integração.

O PNSH considerou um conceito de risco hídrico tratado mediante balanços hídricos entre demanda e oferta de água, caracterizado em duas grandes tipologias:

- Risco pós-déficit: corresponde ao valor em risco quando uma parcela da demanda não está sendo suprida - relação entre demanda e disponibilidade hídrica superior a 100%.
- Risco iminente: corresponde ao valor em risco que pode ocorrer no limiar do déficit, porém, ainda antes de sua ocorrência. É progressivamente maior à medida que o resultado da relação entre demanda e disponibilidade hídrica se aproxima de 100%.

Assim, os riscos do PNSH foram calculados em termos de população exposta a déficits hídricos e valores monetários de produção econômica perdida devido a demandas não atendidas e foram incorporados a um ISH – Índice de Segurança Hídrica que envolveu quatro dimensões: humana, econômica, ecossistêmica e de resiliência; com indicadores de acordo com o exposto na Figura 5.10.

Indicadores do ISH	
DIMENSÃO	INDICADOR
Humana	Garantia de água para abastecimento humano
Econômica	Garantia de água para irrigação e pecuária Garantia de água para atividade industrial
Ecossistêmica	Quantidade adequada de água para usos naturais Qualidade adequada da água para usos naturais Segurança das barragens de rejeito de mineração
Resiliência	Reservação artificial Reservação natural Potencial de armazenamento subterrâneo Variabilidade pluviométrica

Figura 5.10 – Indicadores do ISH.

Fonte: ANA (2019).

Com base na análise dos indicadores considerados no ISH, o PNSH propôs um conjunto de EPPOs – Estudos, Planos, Projetos e Obras que irão minimizar os impactos de eventos críticos de secas e cheias no Brasil. Dessa forma, apesar de não se tratar de um plano de gerenciamento de riscos, foi considerado relevante de ser citado em função de suas intervenções poderem minimizar os impactos dos eventos críticos que poderão ocorrer na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e, portanto, suas ações deverão de alguma forma ser avaliadas no contexto do plano de contingência a ser desenvolvido em etapa posterior do presente estudo.

Assim, considerando não terem sido identificados outros planos com a especificidade de gerenciamento de riscos para bacias hidrográficas no Brasil, foram buscados outros planos com a finalidade de gerenciamento de riscos ou crises em outras áreas do conhecimento ou países e que podem trazer subsídios para o presente estudo.

Tratando de outras áreas do conhecimento, a ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil desenvolveu um Plano de Gerenciamento de Crises – PGC (ANAC, 2014) com os procedimentos e protocolos a serem adotados quando da situação ou ameaça de crise. Nesse sentido, o plano constou dos seguintes pontos:

- Apresentação de conceitos;
- Definição dos cenários possíveis de ameaças para ocorrência de crises no setor de aviação civil;
- Estabelecimento de um comitê de crise;

- Definição das funções e responsabilidades quando da ocorrência de uma crise, envolvendo a comunicação, operação, patrocínio e suporte;
- Ações de gestão da crise;
- Gestão da informação e sala de crise (monitoramento);
- Protocolo (normativos).

A empresa Deloitte (Deloitte, 2015) construiu um Manual de Gestão de Crises, voltado à sua relação com investidores, mas que indica importantes aspectos que podem ser considerados no contexto da gestão de recursos hídricos. O primeiro trata da avaliação de cenários relacionados à complexidade dos eventos e dimensão dos impactos, ponto também considerado no PGC da ANAC. Nesse sentido, classifica eventos de forma ordenada em níveis de complexidade em: situação normal; problema; incidente/emergência; crise. Dentre esses níveis, as crises são identificadas como eventos com alto impacto para o negócio e reputação da organização (Figura 5.11). De uma forma geral, a crise leva a um desafio para as organizações, pessoas, funções e processos de forma não usual e, com isso, necessitam gestão e respostas específicas, adequadas à sua solução, dedicadas e dinâmicas. Por isso a necessidade do processo de gestão de crises, que deve ter o objetivo de gerenciar eventos de grande dimensão e que podem comprometer a perenidade e a reputação do processo.

Considerando especificamente a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e em uma análise voltada ao gerenciamento de recursos hídricos, uma crise seria relacionada a eventos com alto impacto para os usos múltiplos da bacia, envolvendo tanto aqueles consuntivos, quanto os não consuntivos. Esses eventos de crise devem levar a problemas relacionados aos usos em determinado trecho de rio e no que se refere a aspectos de qualidade ou quantidade. Como exemplos, a crise hídrica do período de 2014 a 2018 e rompimentos de barragens já citados nos capítulos anteriores deste documento. Assim, de acordo com a classificação exposta na Figura 5.11, as tipologias de eventos podem ser classificadas quanto aos seus impactos e complexidade, o que irá indicar diferentes níveis de resposta na bacia. Assim, problemas ou eventos a ocorrerem no dia-a-dia devem ser identificados de forma distinta de uma crise e, com isso, a resposta também deve ser diferenciada.

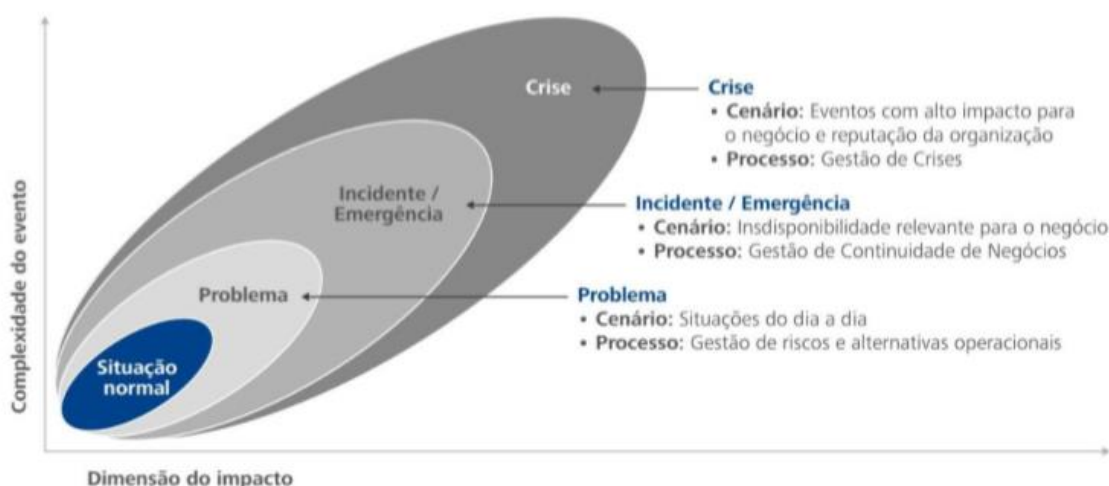


Figura 5.11 – Classificação de eventos em função de dimensão dos impactos e sua complexidade.

Fonte: Deloitte, 2015.

O modelo de gestão proposto pela Deloitte e que pode ser trazido como subsídio à construção da proposta em etapa posterior deste estudo considera a gestão de uma crise ou risco em três momentos:

- **Preparação:** momento em que devem ser avaliados os riscos estratégicos que efetivamente representam ameaça para o processo e devem ser construídos cenários possíveis de ocorrer em função desses riscos e do potencial de ocorrência de eventos inesperados. Ainda nesse momento, é feito o planejamento propriamente dito;
- **Resposta:** esse é o momento a partir da ocorrência da crise, em que se prepara e é executada a resposta do sistema/processo para solução dos problemas que possam ser causados pela crise. Nesse momento o comitê de crise se reúne e toma as decisões necessárias para que sejam desencadeadas as ações previstas no plano;
- **Recuperação:** é importante prever o momento pós-crise com ações para reativação do processo normal e avaliação dos resultados da aplicação do PGC e possíveis ajustes que sejam relevantes para serem executados, de forma a minimizar problemas devidos à ocorrência de novas crises semelhantes.

Durante todo o período de tempo desde a preparação até a recuperação, o processo é baseado em monitoramentos e análises técnicas com base em seus resultados. Assim, o monitoramento é fundamental nas três etapas: na etapa inicial para fornecer informações da condição normal e de quando e porque foi efetivamente iniciada a crise; na etapa de resposta (ocorrência da crise) para verificação da condição da eficiência das ações adotadas e os possíveis impactos causados no processo; e na etapa de recuperação para demonstrar o retorno à condição de operação normal do sistema.

A ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM, sem data) construiu por meio de um Grupo de Trabalho – GT Água de sua Comissão de Meio Ambiente e Sustentabilidade, um guia para elaboração de Plano de Contingência para a Crise Hídrica. Esse documento é voltado às indústrias do setor e visa dar suporte à elaboração de planos específicos para cada empresa, mas, apesar desse caráter setorial, apresenta ideias relevantes que podem ser aplicadas em qualquer tipologia de plano de contingência ou como suporte a um PGC como o que se desenvolve a partir deste estudo. Nesse sentido, ressalta-se o aspecto relacionado à definição de quatro níveis de contingência para os quais deverão ser estabelecidas ações específicas para serem executadas. Esses níveis foram estabelecidos como apresentado a seguir:

- *Nível Verde: O uso pleno dos recursos hídricos está assegurado, ou seja, a unidade produtiva não está sendo afetada;*
- *Nível Amarelo: As fontes hídricas que suprem a unidade industrial se encontram em uma condição que sinaliza que o uso dos recursos hídricos pode ser restringido, ou seja, o risco de parada de processos produtivos devido à escassez do recurso hídrico é provável;*
- *Nível Laranja: As fontes hídricas que suprem a unidade industrial se encontram em uma condição em que há restrições no uso dos recursos hídricos, ou seja, o risco de parada de processos produtivos devido à escassez é iminente;*
- *Nível Vermelho: O volume de água das fontes hídricas é insuficiente para atender a unidade industrial instalada.*

Mais uma vez verifica-se que a definição da crise deve ser baseada em ações de monitoramento que darão suporte à definição da condição de momento da bacia e, com base nela, serão definidas as ações a serem executadas. No caso em questão, pode ser verificado

que o plano proposto por eles tem ações a serem executadas mesmo na condição verde em que os corpos de água estão em sua condição normal, seguindo característica já comentada nas análises apresentadas anteriormente neste documento, em que a gestão de crises não se restringe ao momento em que a crise é instalada, mas deve ser realizada desde momentos anteriores, por meio de seu planejamento e acompanhamento da condição dos corpos hídricos da bacia.

No Distrito Federal foi elaborado um livro denominado Gestão da Crise Hídrica 2016-2018 (Adasa et al., 2018) contando as experiências vividas para a enfrentamento da crise hídrica ocorrida naquela Unidade da Federação. Nesse sentido, trata-se de um documento elaborado após a ocorrência da crise e a tomada de diversas ações para sua gestão e para minimizar seus impactos para a sociedade das bacias que fazem parte do Distrito Federal – DF. O documento em questão foi elaborado durante a ocorrência da crise, com a identificação de ações em curso e complementares para sua gestão.

No caso em tela, do DF, o livro contou, inicialmente, com uma contextualização importante da crise, com avaliações de dinâmica populacional, demandas, disponibilidades e infraestrutura local. Em seguida, foram apresentadas as estratégias adotadas à época para o enfrentamento da crise, envolvendo aspectos dos seguintes temas:

- Governança e regulação: atuação dos órgãos responsáveis, comunicação e educação ambiental, ações regulatórias, tarifas e alocação negociada;
- Apoio à gestão: monitoramento, fiscalização e sistema de informações;
- Gestão do meio urbano: trata-se de um dos principais problemas do DF devido ao alto índice de urbanização. Assim, envolveu ações de redução de demandas/perdas, racionamento/rodízio de usos, expansão da integração de sistemas de abastecimento;
- Gestão do meio rural: cadastros de usuários, racionamento e manejo de usos, ações de infraestrutura, capacitação e uso racional.

Apesar de ter sido elaborado após a ocorrência da crise, o documento em questão se mostra fundamental pela sua condição bastante técnica e ter apresentado as ações executadas à época e resultados obtidos para o processo de gestão no DF. Dessa forma, apesar de não ter sido elaborado como um Plano de Gerenciamento de Riscos ou Crises, suas ações consideradas darão subsídio importante à proposição de estratégias de gestão de riscos a ser apresentada em etapa posterior deste estudo.

Referência importante e recente sobre o tema também pode ser considerado o livro de Pedrosa (2017) que tratou de aspectos relacionados à solução de conflitos pelo uso da água. Apesar de também não ser um PGR e não tratar especificamente da gestão de crises ou riscos, cita conflitos existentes na bacia do rio São Francisco, experiências de métodos de solução aplicados em diferentes bacias do mundo e acordos formalmente estabelecidos para a gestão de conflitos. Assim, também dá subsídios importantes para a elaboração deste PGR uma vez que ações fundamentais para que uma gestão de crises ou riscos tenha sucesso tratam de rodadas de reuniões e estabelecimento de acordos, como deverão ser considerados em etapa mais adiante no presente estudo.

Especificamente com a finalidade de planejamento para aspectos relacionados a bacias hidrográficas e crises hídricas ou riscos, foram identificados documentos apenas fora do Brasil, sendo citados a seguir alguns mais relevantes e que poderão dar suporte à construção do presente estudo. Na Índia, foi construído o CMP – *Crisis Management Plan* (correspondente ao PGC em português) específico para Secas (Índia, 2019). Sua definição no documento trata de um programa acionável que pode ser colocado em ação no caso da ocorrência de crises e que tem a finalidade de minimizar danos à vida, propriedade e ao meio

ambiente. O documento apresenta, inicialmente, que um PGC deve ser, acima de tudo, acionável, preciso, simples e monitorável. Nesse sentido, o plano elaborado identifica pontos de gatilho para ações de resposta e integra as ações em uma matriz de resposta apropriada, com base nos planos de ações de contingência estabelecidos para diversas entidades. Dessa forma, objetiva uma resposta “suave e concertada” em uma situação de crise.

O plano em questão inicia pela apresentação dos conceitos de uma crise e os indicadores para seu monitoramento e identificação, incluindo aí, o monitoramento necessário para o processo de preparação para a crise. Em seguida, passa para a segunda etapa do processo, que trata da “declaração de crise”. Assim, com base nos resultados do monitoramento, o PGC estabelece quatro fases possíveis, com indicativos de ações a serem executadas em cada uma delas:

- Normal: nenhuma área ainda sujeita à seca e sem previsão de ocorrência ainda;
- Alerta/Atenção: previsão de início tardio de monções juntamente com a contínua crise hídrica e de ondas de calor. Atraso previsto do início de monções nas regiões afetadas por seca no ano anterior;
- Aviso: atraso do início das monções por um período de mais de duas semanas; precipitação abaixo do normal em 19% e déficit de mais 3 a 6 semanas nos meses de junho a julho;
- Emergência: déficit ou ausência de chuva no período de semeadura. Final das monções antecipada no meio da temporada usual; precipitação abaixo do normal entre 20 e 40%. Período seco durante as monções por mais de 4 semanas.

Para cada uma das fases em questão, o PGC estabelece o mecanismo de gatilho, os resultados esperados com a ocorrência da crise as ações a serem executadas. A etapa seguinte do processo de planejamento trata da apresentação de um calendário anual denominado “planejador de atividades estratégicas”. Esse calendário foi construído com base no clima da região e envolve atividades para cada mês do ano de preparação (revisão do PGC, monitoramento/avaliação e conservação), comunicação (sistema de alerta preventivo e estimativa dos problemas) e resposta (monitoramento e ações). O plano apresenta, ainda, um quadro com as entidades responsáveis por cada ação. Trata-se de um PGC completo e que envolveu ações desde a etapa inicial de planejamento/preparação até a avaliação de seus resultados e revisão do PGC para o ano seguinte, no caso da ocorrência de nova crise relacionada à seca no país. Dessa forma, sua estrutura pode ser utilizada como base importante para suporte deste estudo.

Para a bacia do rio Danúbio, que escoar por vários países da Europa, foi construído um processo voltado à segurança hídrica e gerenciamento de crises (IAWD, 2016), mais voltado à análise de riscos e ações a serem executadas quando da ocorrência de um evento impactante ou desastre. Nesse sentido, foram definidos os principais eventos possíveis de ocorrer e foi construída uma matriz de probabilidade x gravidade dos impactos possíveis, sendo indicadas as medidas de mitigação ou minimização dos efeitos na bacia. Assim, apesar de não se tratar especificamente de um PGR, se mostra importante como um conceito possível de ser considerado baseado na análise de riscos.

Com finalidade similar à do processo desenvolvido para a bacia do rio Danúbio, foi elaborado para uma região importante das Filipinas (San Jose, 2016) um PGC (*Crisis Management Plan*). O documento em questão objetiva assegurar o mínimo impacto para o suprimento de água e esgotamento sanitário em situações de ocorrência de eventos de emergência ou desastres em uma região sujeita à ocorrência de tsunamis e terremotos. Sua estrutura se

mostrou relevante para o presente processo de planejamento, sendo o motivo principal de sua apresentação nesta contextualização:

- Definição de uma estrutura de gerenciamento de crise: estabelecimento das equipes responsáveis pela definição e acompanhamento das respostas imediatas à ocorrência da crise, envolvendo entidades e responsabilidades/funções;
- Políticas e guias para a gestão de crise: tratam-se de diretrizes básicas para o reconhecimento e gestão da crise;
- Tipos de crise: avaliação e apresentação das tipologias de crises possíveis de ocorrer e seus efeitos/cenários potenciais nos sistemas de abastecimento de água;
- Níveis de alerta: estabelece quatro níveis de alerta em função da dimensão da área afetada e da duração do alerta;
- Quadro de gestão de crises e fluxograma de resposta: apresenta a estrutura de atendimento às crises correlacionando os potenciais eventos com as ações que devem ser executadas.

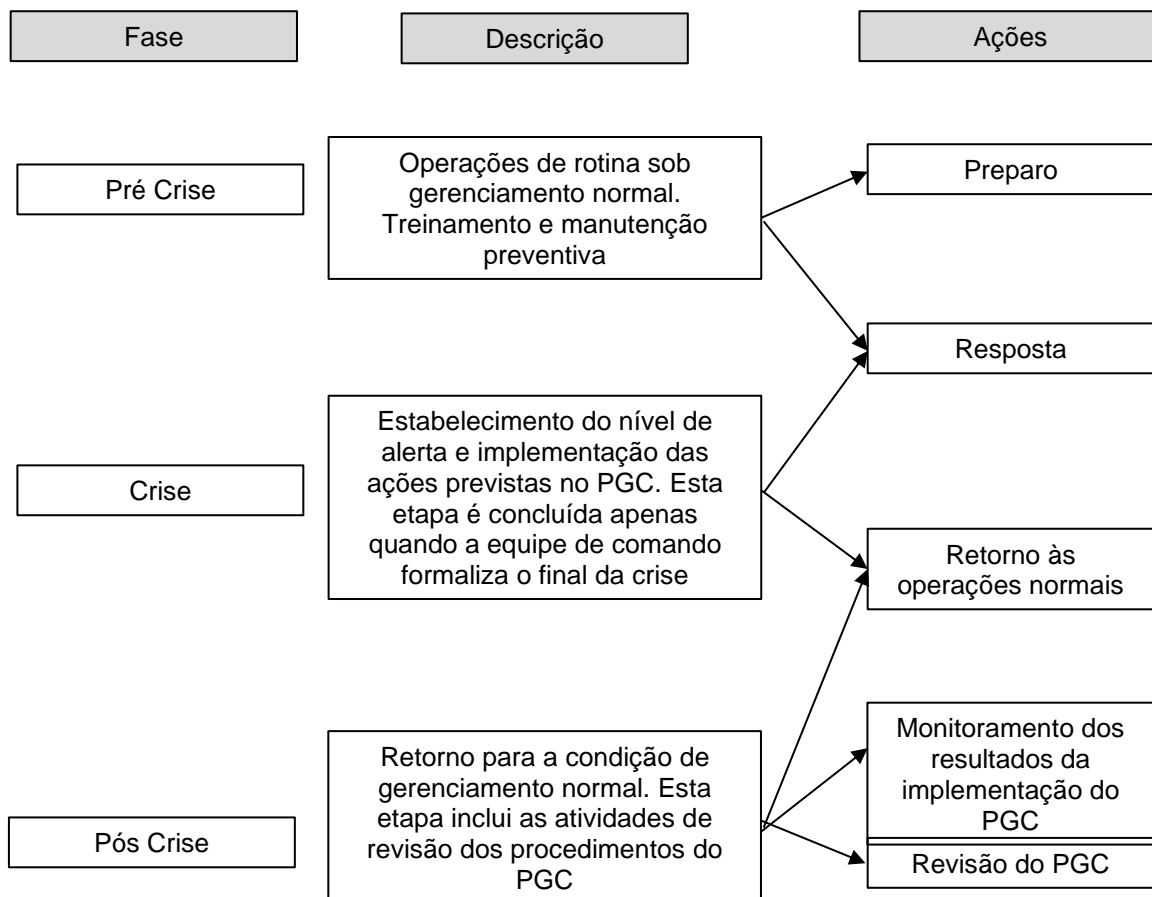


Figura 5.12 – Estrutura do PGC de San Jose, Filipinas.

Fonte: San Jose, 2016

O plano das Filipinas foi citado uma vez que sua estrutura e modelo de gestão foram considerados interessantes, conforme Figura 5.12. Nesse sentido, apresenta ações específicas para as fases de preparação/planejamento anterior à ocorrência da crise, durante a condição de crise e posterior, incluindo a avaliação dos resultados de sua implementação e verificação da necessidade de revisão de seus procedimentos.

6 CADASTRO E CARACTERIZAÇÃO DOS EVENTOS

A transformação dos dados tabulados do inventário para *shapefile* mostrou que um número expressivo de registros se encontra em trechos de municípios que não estão integralmente inseridos na bacia, caindo de um total de 6069 para 2091 acidentes inventariados (Quadro 6.1 e Figura 6.1). Destacam-se, nesse sentido, ocorrências nos municípios de Guarulhos e Mogi das Cruzes, no estado de São Paulo, Barbacena-MG e São Francisco de Itabapoana-RJ, já ressaltados em momentos anteriores deste trabalho que possuem apenas parte de sua superfície na bacia.

Quadro 6.1 – Síntese dos resultados de acidentes na bacia do Rio Paraíba do Sul

Acidentes	Número de registros	Registros em SP	Registros em MG	Registros no RJ
Inundação e Cheia	712	147	341	224
Enxurrada	450	49	217	184
Intrusão Salina	1	0	0	1
Estiagem	232	22	120	90
Corridas de Massa	27	4	11	12
Deslizamentos	541	168	89	284
Rompimento e colapso de barragens	9	1	6	2
Liberação de produtos químicos nos sistemas de água potável	4	0	1	3
Derramamento de produtos químicos em ambiente fluvial	4	2	1	1
Desastres relacionados a transporte de produtos perigoso (rodoviário, ferroviário e dutoviário)	111	73	36	2
Total de registros	2091	466	822	803

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

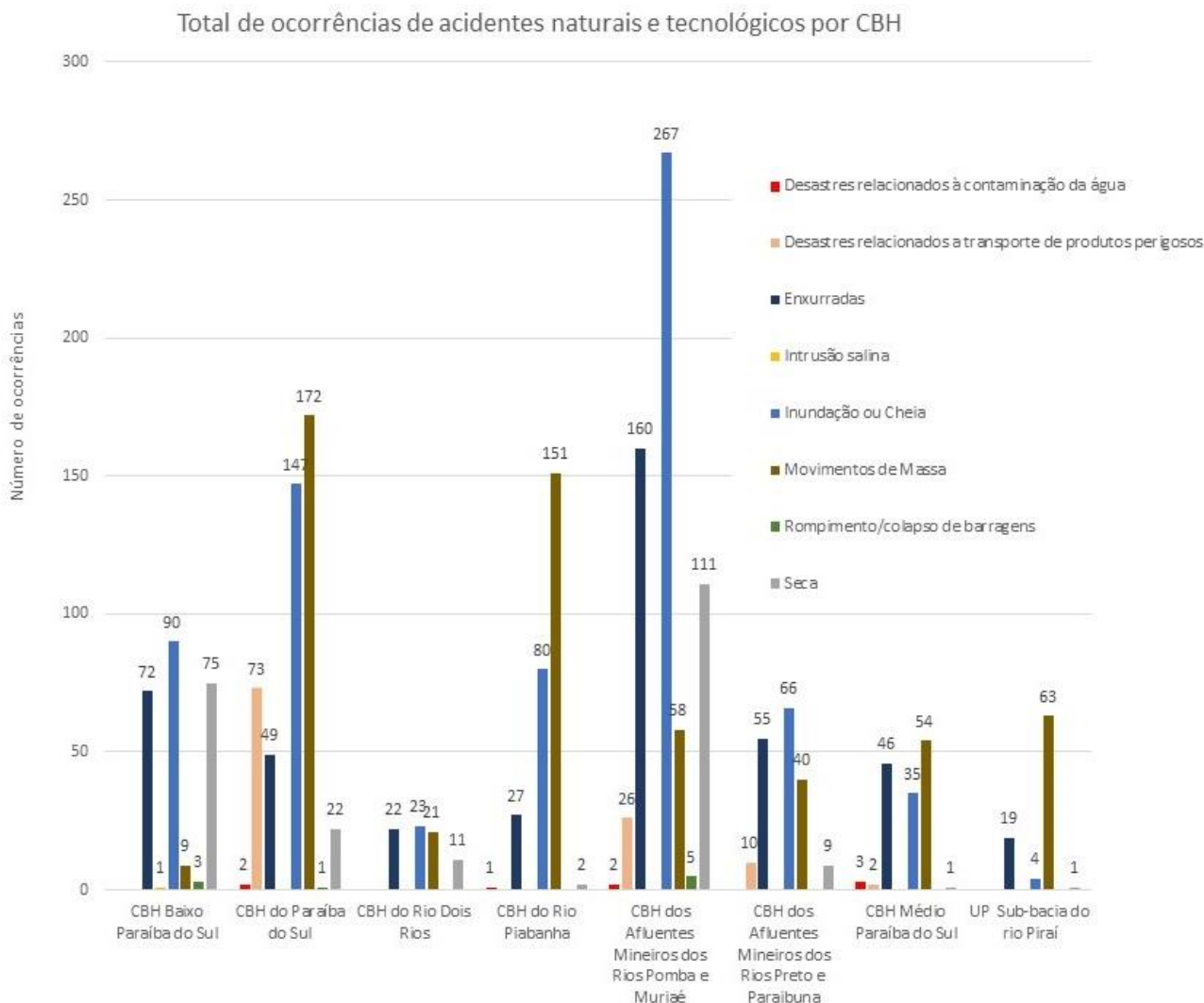


Figura 6.1 – Síntese quantitativa dos acidentes identificados na bacia.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Parte das ocorrências listadas no inventário apresenta número total ou aproximado de pessoas atingidas (desaparecidos, desabrigados, desalojados, mortos, feridos e enfermos). A partir desse dado, destaca-se aqui alguns eventos de maior relevância ocorridos no período de análise:

Inundação ou cheia:

- São Luiz do Paraitinga, 01/01/2010: Grande elevação de nível dos rios Paraitinga e do Chapéu, resultando em 10.858 pessoas afetadas (LOURES, 2010; MORADEI, 2016; CORSI *et al.* 2012).
- Nova Friburgo, janeiro de 2007: Elevação do nível do rio Bengalas, no Distrito de Conselheiro Paulino; do rio Grande, em Riograndina e de alguns córregos, resultando em 80.000 pessoas afetadas (UFSC, 2013).
- Além Paraíba, 16/01/2016: Elevação do rio Paraíba do Sul, resultando em 2.120 pessoas afetadas (REINDESC CEMADEN, 2016).

- Cataguases, 24/01/2020: Elevação do Rio Pomba, afetando 69.810 pessoas (REINDESC CEMADEN, 2020).
- Guidoal, 24/01/2020: Elevação do rio Xopotó, resultando em 3.463 pessoas afetadas (REINDESC CEMADEN, 2020).

Enxurradas:

- Ubá, 10/03/2018: Evento considerado de grande porte, ocorrido na região do Calçadão São José, resultando em 10.265 pessoas afetadas (REINDESC CEMADEN, 2018).

Estiagens:

- Lima Duarte, agosto de 2015: total de 14.621 pessoas atingidas (SINPDEC, 2015, a).
- Ubá, outubro de 2015: total de 105.000 pessoas atingidas (SINPDEC, 2015, b).
- São Francisco de Itabapoana, março de 2015: total de 20.000 pessoas atingidas (SINPDEC, 2015, c).
- Santa Isabel, janeiro de 2014: total de 30.000 pessoas atingidas (SINPDEC, 2014).

Corridas de massa:

- Região Serrana do Rio de Janeiro, 11 e 12/01/2011: Atingiu, principalmente, as cidades de Teresópolis, Nova Friburgo e Petrópolis; mas também, em menores proporções as cidades de Areal, Sumidouro, Bom Jardim e São José do Vale do Rio Preto. As drenagens atingidas foram Piabanha, Paquequer, Rio Preto e Bengalas. Foram mais de 45.000 pessoas atingidas (BRASIL, 2011).

Derramamento de produto químico em ambiente fluvial:

- Barbacena, 11/04/2013: Vazamento de óleo diesel na região próxima a válvula da tubulação orbel sob responsabilidade da empresa subsidiária da Petrobras. A drenagem atingida foi o Córrego do Sapateiro, afluente do rio das mortes, afetando 78.000 pessoas (SINPDEC, 2013).
- Resende, 18/11/2008: Vazamento do pesticida endossulfan puro. Estima-se que 1.600 litros do produto foram liberados no rio Pirapetinga, percorrendo 2 km até atingir o rio Paraíba do Sul. O evento resultou em mais de 700.000 pessoas atingidas (IBAMA, 2008).

Como dito, nem todas as ocorrências tinham registro do número de pessoas atingidas. Com isso, alguns eventos, com número elevado de pessoas atingidas, podem não ter sido listados acima.

Baseado nesses dados, destaca-se que os eventos de inundação e estiagem são as categorias com maior potencialidade de atingimento de pessoas. Restringindo os eventos que atingiram ≥ 1000 pessoas, têm-se os principais acidentes: (I) Estiagem, totalizando 198 ocorrências; e (II) Inundação e cheia, com 16 ocorrências. Com isso, acredita-se até o presente momento (sendo passível de modificação a partir de novos dados das etapas seguintes), que essas são as categorias de acidentes naturais que necessitam de maior atenção e monitoramento na bacia do rio Paraíba do Sul.

Por outro lado, mesmo não tendo um número expressivo de ocorrências, o monitoramento e a gestão de risco de atingimento de drenagens por produtos químicos e potenciais poluentes na bacia também se faz de extrema importância. Isso se deve ao fato de que quando ocorrido, a remediação é onerosa e o número de pessoas atingidas é, na maioria das vezes, elevado.

Por fim, destaca-se o fato de as ocorrências de inundações e as estiagens terem relação direta com fatores climáticos. O primeiro relaciona-se com o período do verão, dado ao fato de a bacia estar inserida em um contexto de clima tropical, é nessa estação do ano que há

maior pluviosidade, acarretando assim maior quantidade e intensidade de eventos hidrológicos. Ao passo que as estiagens se relacionam com o período mais seco, ou seja, o inverno. Desta forma, estabelece-se dois períodos cruciais de monitoramento desses eventos.

Em contrapartida, os acidentes tecnológicos, por terem relação com atividades antrópicas, apresentam um risco “homogêneo” ao longo do ano, dependendo somente de falhas humanas ou de estruturas para sua deflagração, podendo acontecer a qualquer momento, independente de variações climáticas ou de qualquer outro fator do meio físico.

6.1 Espacialização e análise das ocorrências

Apesar de o estado de São Paulo apresentar mais ocorrências de eventos hidrológicos e geológicos no inventário, não se deve considerá-lo como a região mais crítica apenas com base no número de registros. Isso porque deve-se ponderar o detalhamento de registros utilizados, pois o levantamento de ocorrências fornecido pelo Instituto Geológico apresenta um detalhamento muito maior, além de possuir um recorte temporal superior em relação à base de dados fornecida pela Defesa Civil do estado de Minas Gerais. Junta-se a isso o fato de não ter sido obtida base semelhante de ocorrências para o estado do Rio de Janeiro.

Dito isso, a partir da elaboração do inventário de ocorrências, juntamente com leituras complementares de estudos pretéritos, chega-se à conclusão parcial que o risco que mais gera danos socioeconômicos na bacia do rio Paraíba do Sul é o hidrológico, englobando inundação, cheias e enxurradas.

Desagregando tais dados, percebe-se que o risco de inundação ocorre nos três setores da bacia (alto, médio e baixo curso). No estado de São Paulo as ocorrências concentram-se nos municípios de Guarulhos e Mogi das Cruzes, os quais não se encontram integralmente na bacia do Paraíba do Sul. Nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro destaca-se o elevado número de ocorrências ligadas aos rios Paraíba do Sul, Muriaé, Pomba e Carangola, sendo esses três últimos inseridos no CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé (Figura 6.2) e destaque para frequência de ocorrências na cidade de Campos dos Goytacazes – RJ (Figura 6.3).

Complementarmente, a Figura 6.4 e a Figura 6.5 apresentam os trechos inundáveis da bacia do Rio Paraíba do Sul, segundo levantamento da ANA, e seus respectivos impactos e frequência. Contudo, há de se ressaltar que tal estudo foi um primeiro levantamento qualitativo, o qual se baseou em dados fornecidos por colaboração de órgãos gestores. Ademais, a análise do impacto também se deu de forma qualitativa, tendo por base a frequência dos impactos ou de registros, mas não do evento em si. Apesar de tais considerações, esse mapeamento, aliado aos dados de ocorrências, ainda é um bom indicativo das áreas de maior suscetibilidade a eventos hidrológicos na bacia.

Com isso, os dados mostram que os dois CBHs mais críticos são os afluentes mineiros dos Rios Pomba e Muriaé e Baixo Paraíba do Sul. Relacionando esse dado secundário com os dados levantados no presente trabalho, percebe-se que o inventário está compatível com tal delimitação. Infere-se, portanto, que devido a geomorfologia de canais e várzeas amplas com ocupação irregular e dinâmica hidrológica intensa atribuída ao CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé, gerando uma considerável área contributiva e elevada vazão em período chuvoso, que o terço inferior da bacia, no estado do Rio de Janeiro, seja o de maior recorrência e poder destrutivo de inundações.

Por outro lado, as ocorrências de enxurradas registradas no inventário encontram-se bem distribuídas ao longo da área da bacia (Figura 6.6 e Figura 6.7).

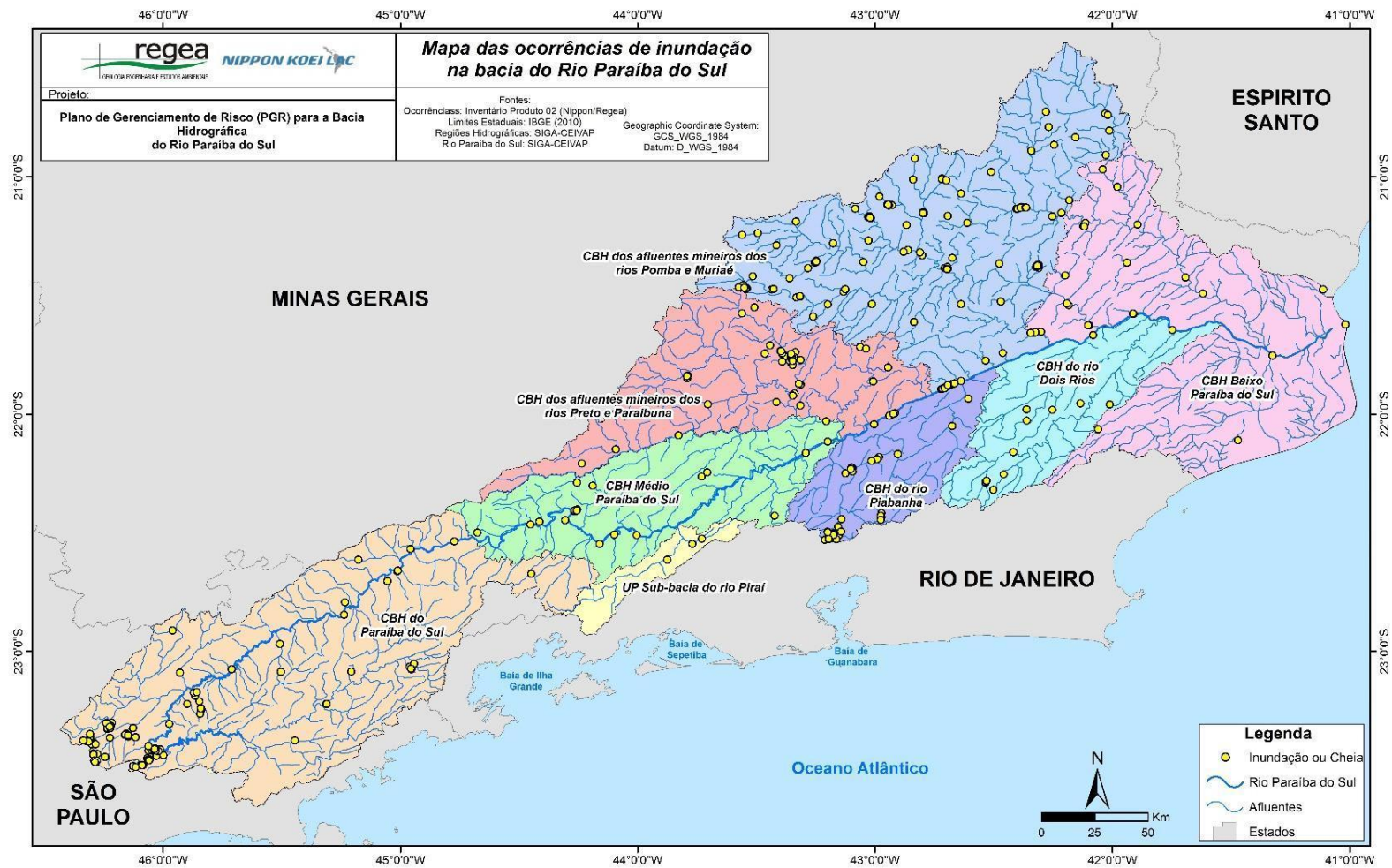


Figura 6.2 – Distribuição das ocorrências de inundação e cheia na bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

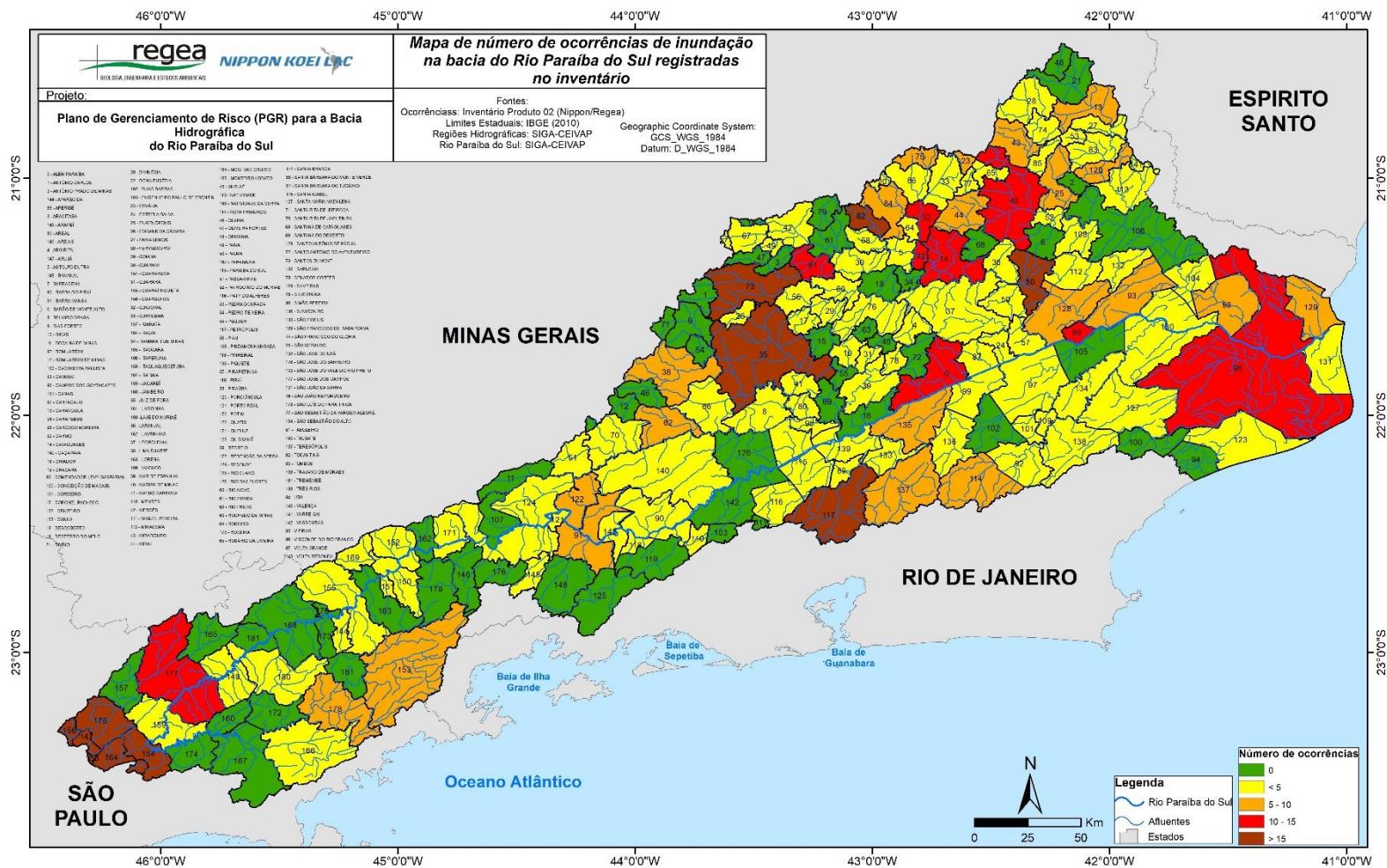


Figura 6.3 – Frequência de inundação e cheia na bacia do rio Paraíba do Sul.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

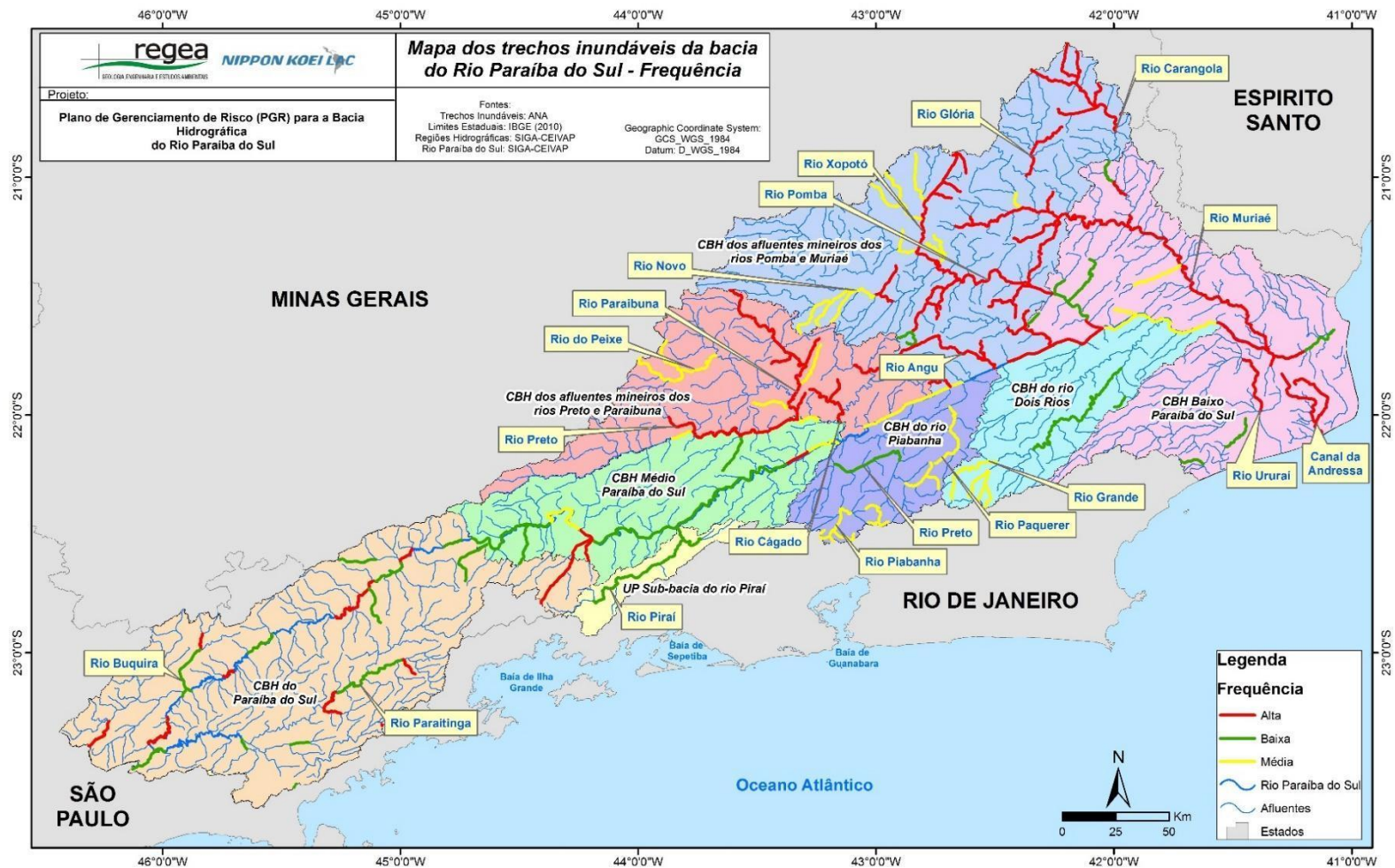


Figura 6.4 – Trechos inundáveis e frequência de ocorrência na bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

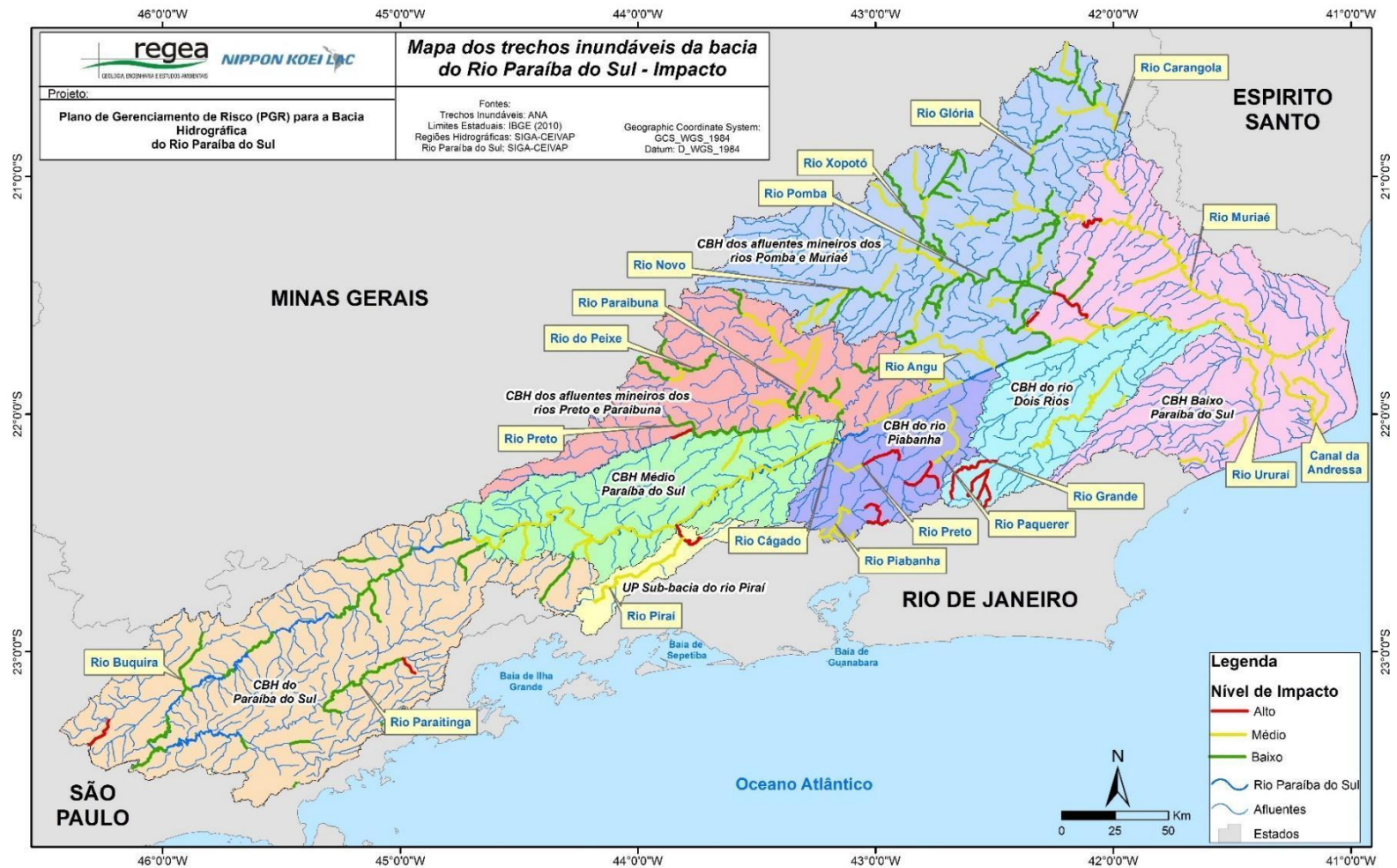


Figura 6.5 – Trechos inundáveis e nível de impacto na bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

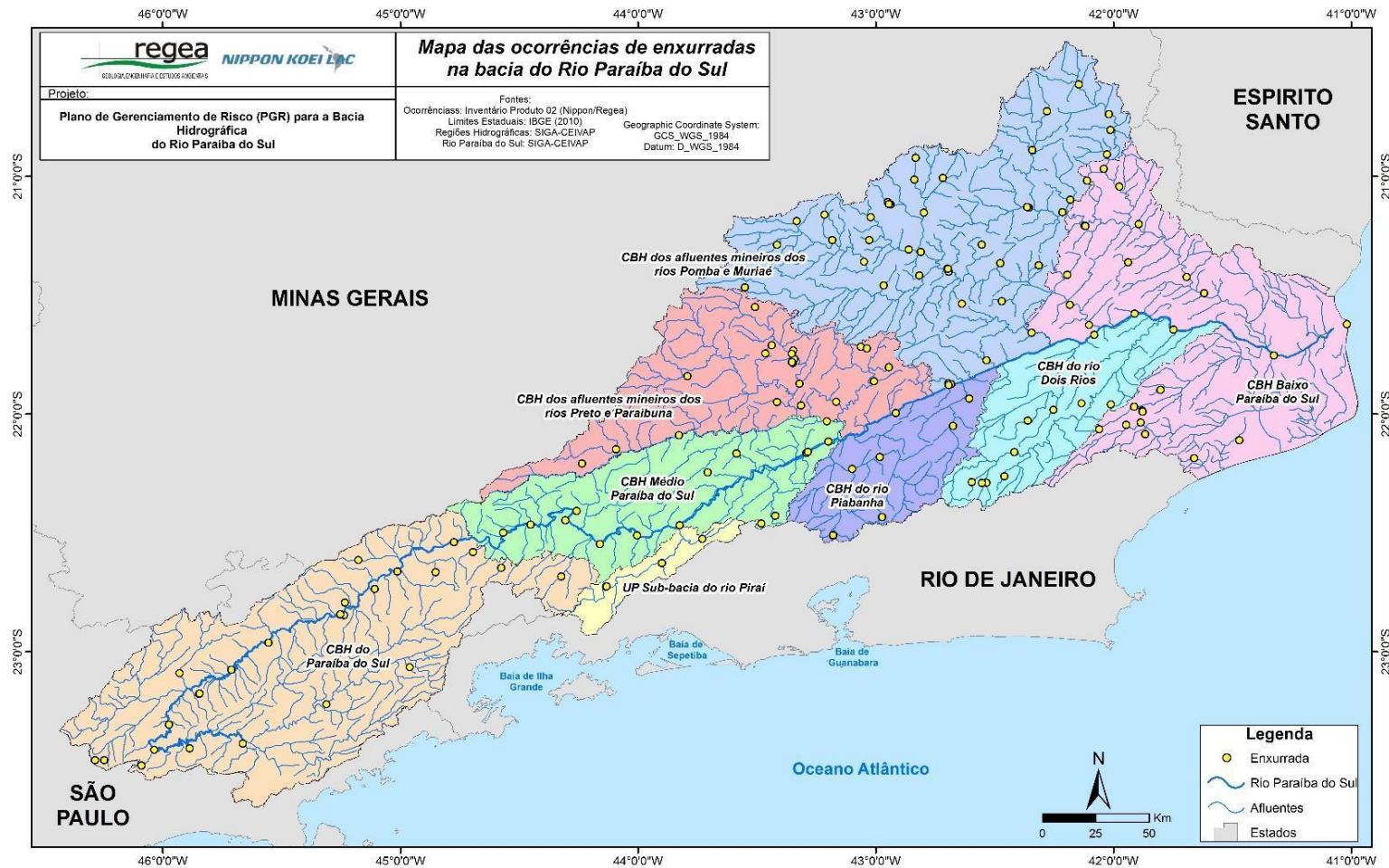


Figura 6.6 – Distribuição das ocorrências de enxurrada na bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

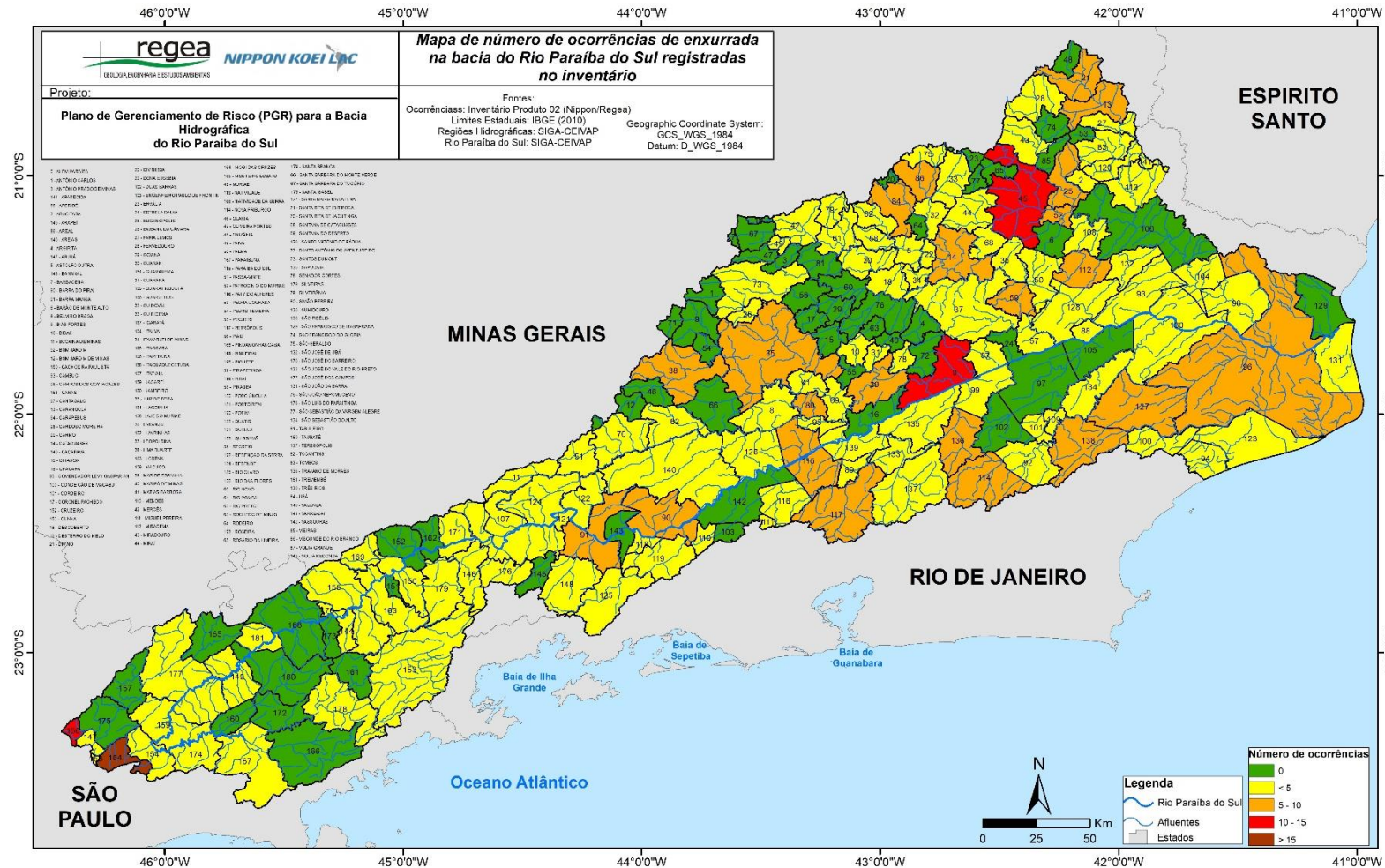


Figura 6.7 – Frequência das ocorrências de enxurrada na bacia do rio Paraíba do Sul.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

As ocorrências de estiagem levantadas encontram-se, principalmente, no CBH Baixo Paraíba do Sul, com destaque para o município de São Francisco de Itabapoana, se estendendo para além dos limites da bacia; e CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé, tendo alta concentração em Ubá (Figura 6.8 e Figura 6.9). Dentre todos os registros, destaca-se o período de 2014/2015, no qual o sudeste brasileiro registrou índices pluviométricos muito abaixo do histórico para o período, causando desabastecimento.

Já para os registros de corridas de massa, a maioria localiza-se na área de abrangência do CBH Piabanha, seguida pela área do CBH dos Afluentes Mineiros dos rios Pomba e Muriaé (Figura 6.10 e Figura 6.11). Vale ressaltar que apesar de alguns municípios terem parte de suas superfícies fora da bacia, as informações apresentadas na figura em questão referem-se apenas às áreas dentro da bacia.

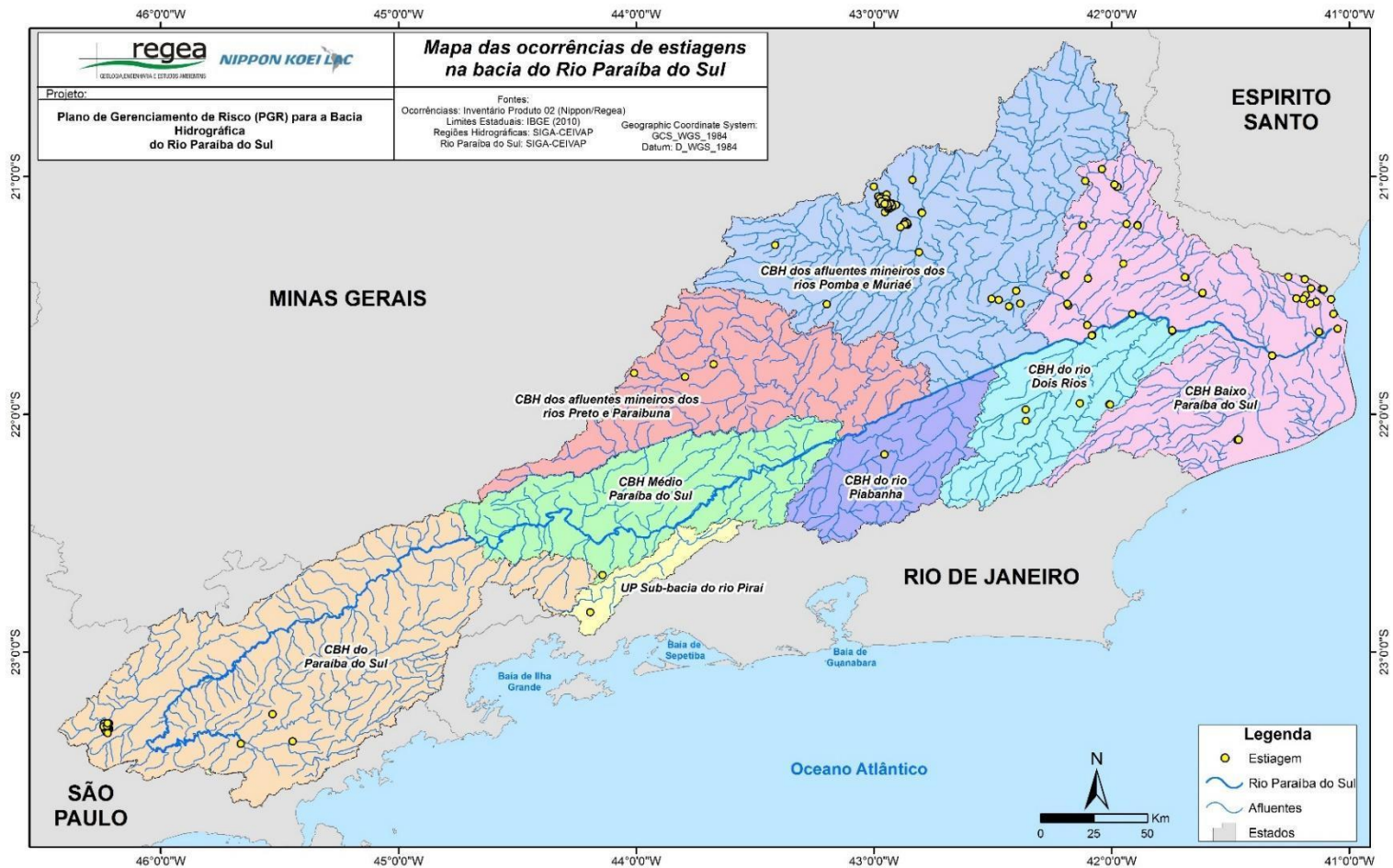


Figura 6.8 – Distribuição das ocorrências de estiação na bacia do rio Paraíba do Sul.
 Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

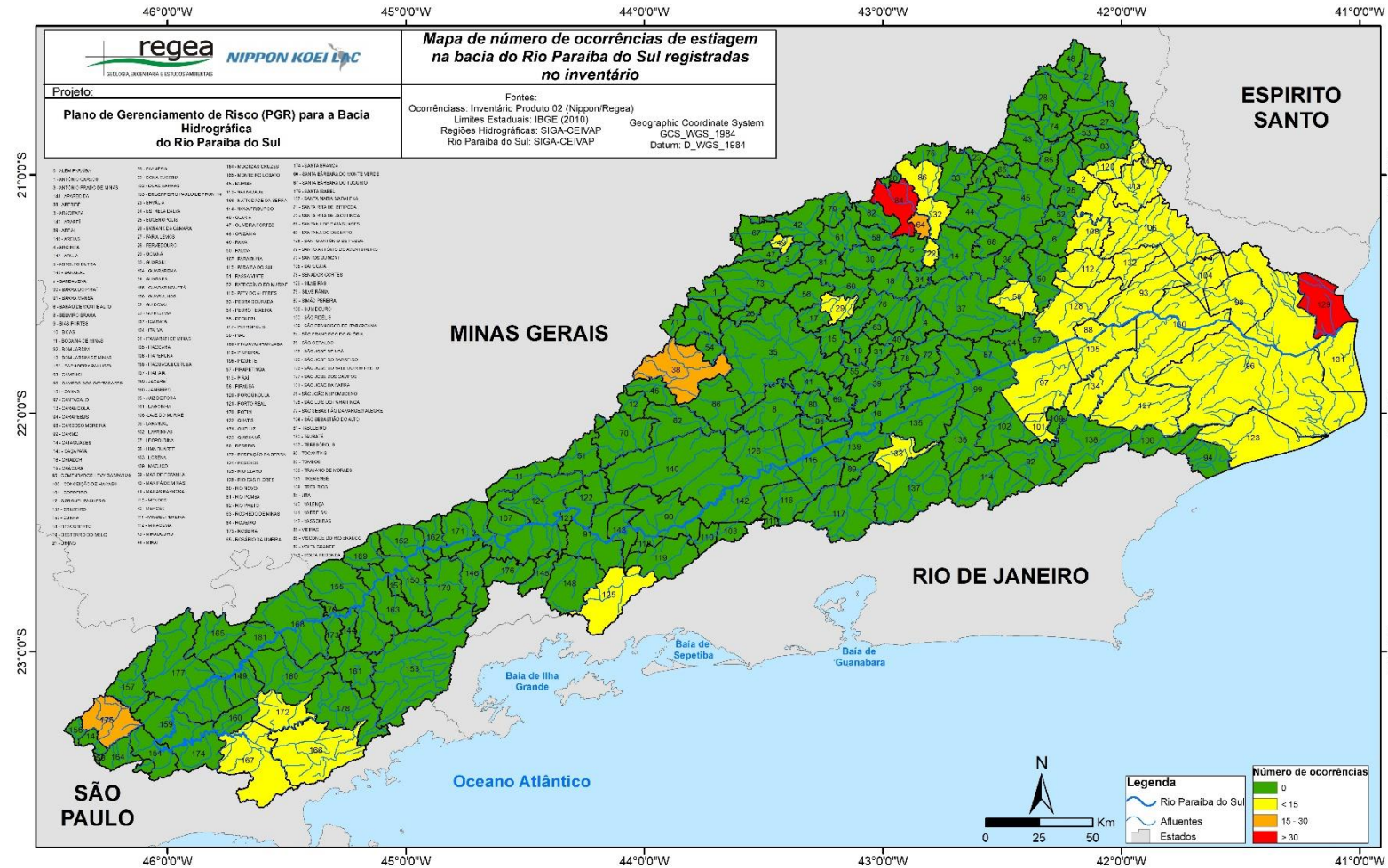


Figura 6.9 – Frequência das ocorrências de estiagem na bacia do rio Paraíba do Sul.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

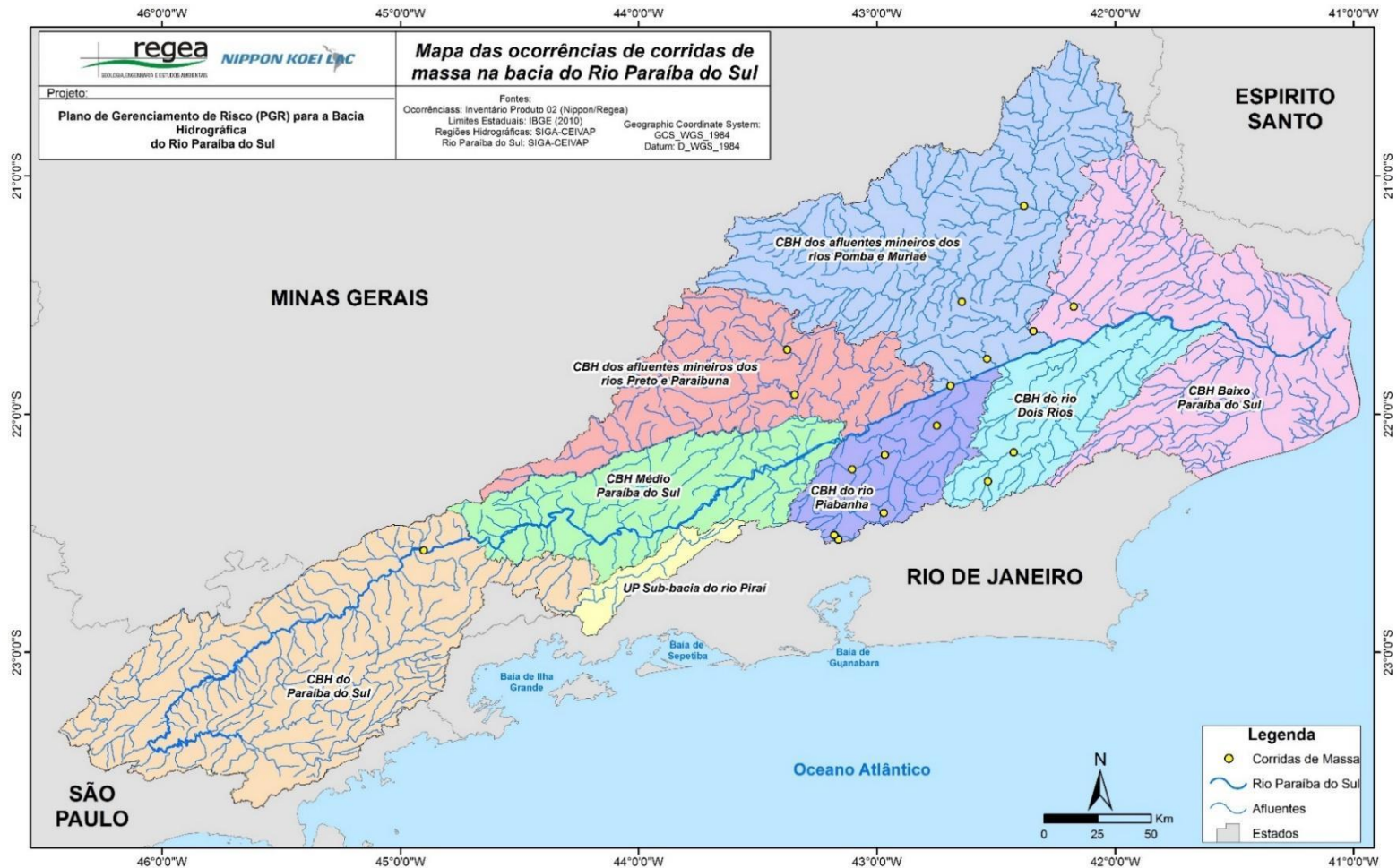


Figura 6.10 – Distribuição das ocorrências de corridas de massa na bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio

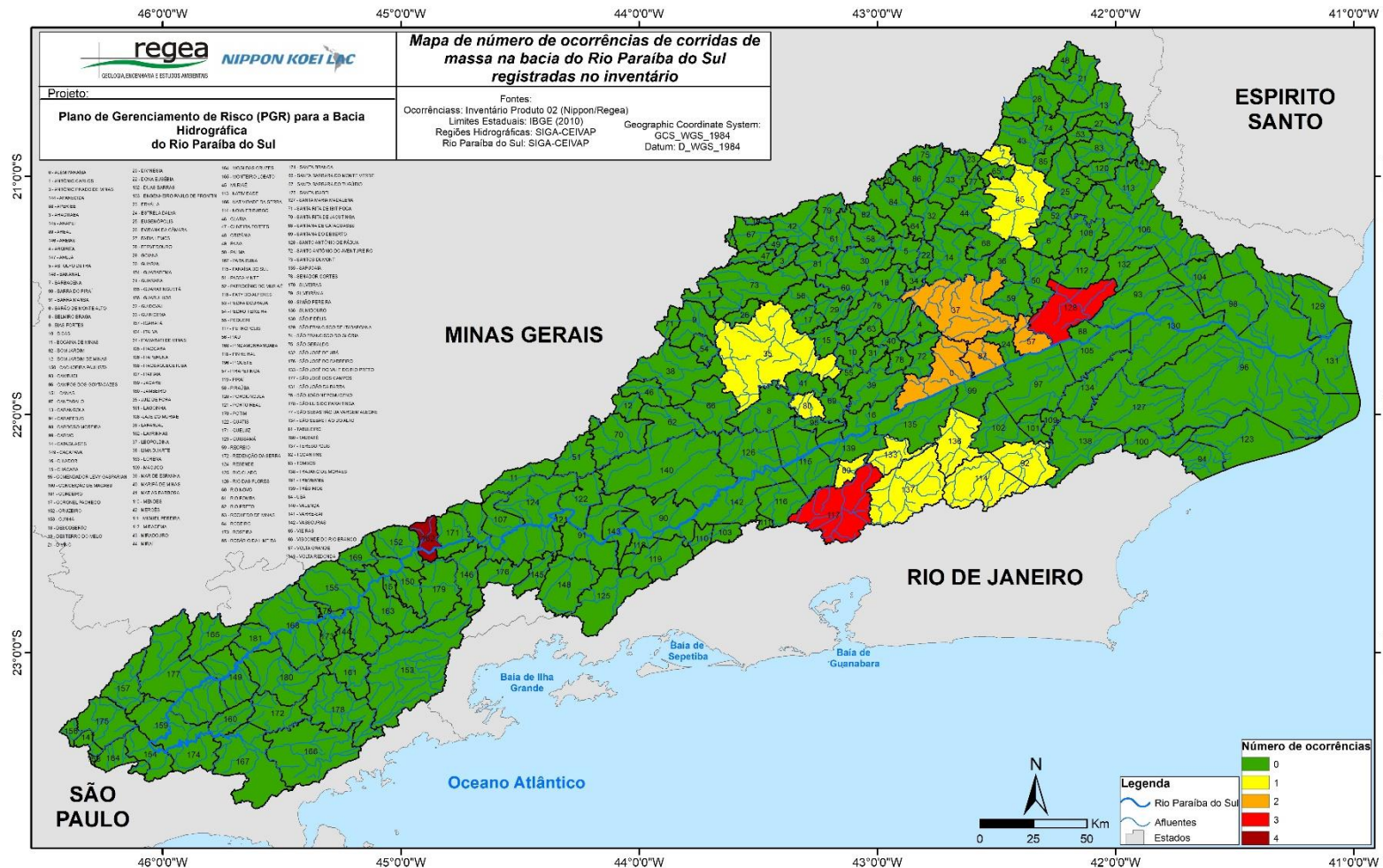


Figura 6.11 – Frequência das ocorrências de corridas de massa na bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio

Como exposto anteriormente, os dados de escorregamento passarão por um refinamento no produto seguinte desse projeto. Contudo, à priori, pode-se apontar que, no estado de São Paulo, há novamente uma concentração de ocorrências nas cidades de Guarulhos e Mogi das Cruzes, ressaltando, mais uma vez, o fato de não estarem integralmente na bacia. Para Minas Gerais, destaca-se o município de Juiz de Fora e no estado do Rio de Janeiro, Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo são os municípios com maior número de ocorrências, sendo os dois primeiros inseridos na área de abrangência do CBH Piabanha e o terceiro na região do CBH Rio Dois Rios, mas todos inseridos na região serrana do Rio de Janeiro, famosa pela alta incidência desse tipo de processo geomorfológico (Figura 6.12 e Figura 6.13).

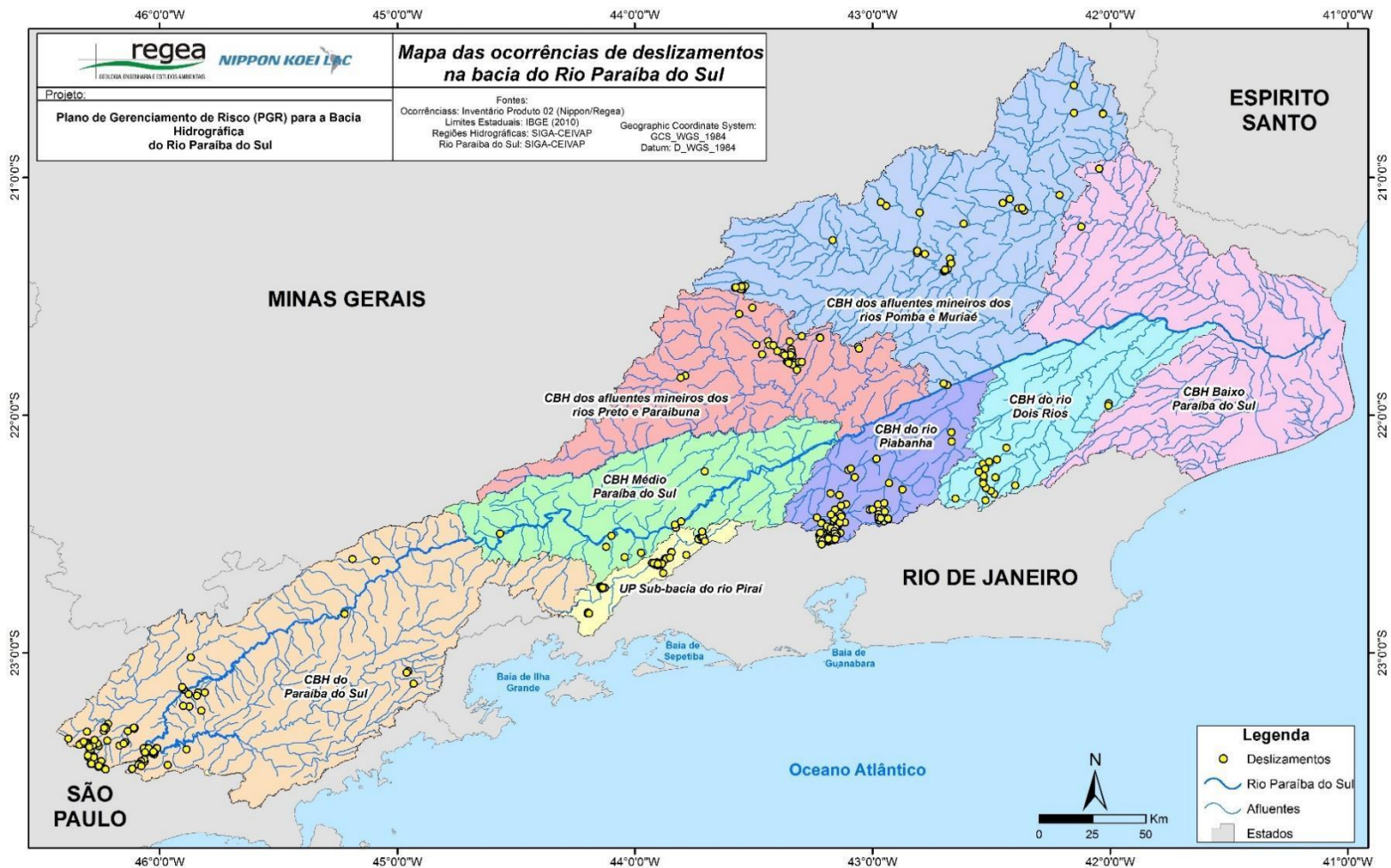


Figura 6.12 – Distribuição das ocorrências de deslizamentos na bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

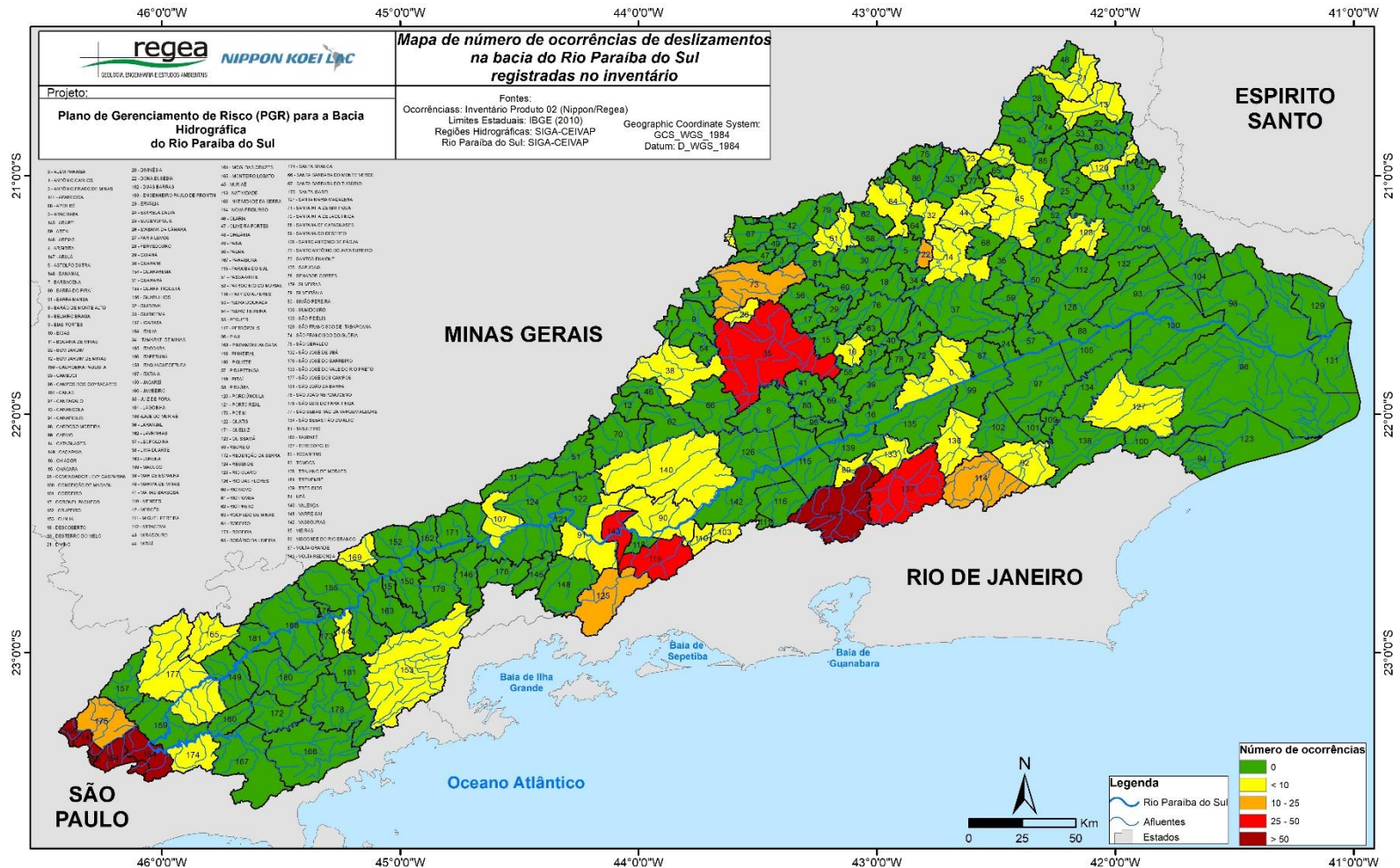


Figura 6.13 – Frequência das ocorrências de deslizamentos na bacia do rio Paraíba do Sul.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

A partir daqui é apresentada a espacialização do levantamento de ocorrências para acidentes tecnológicos.

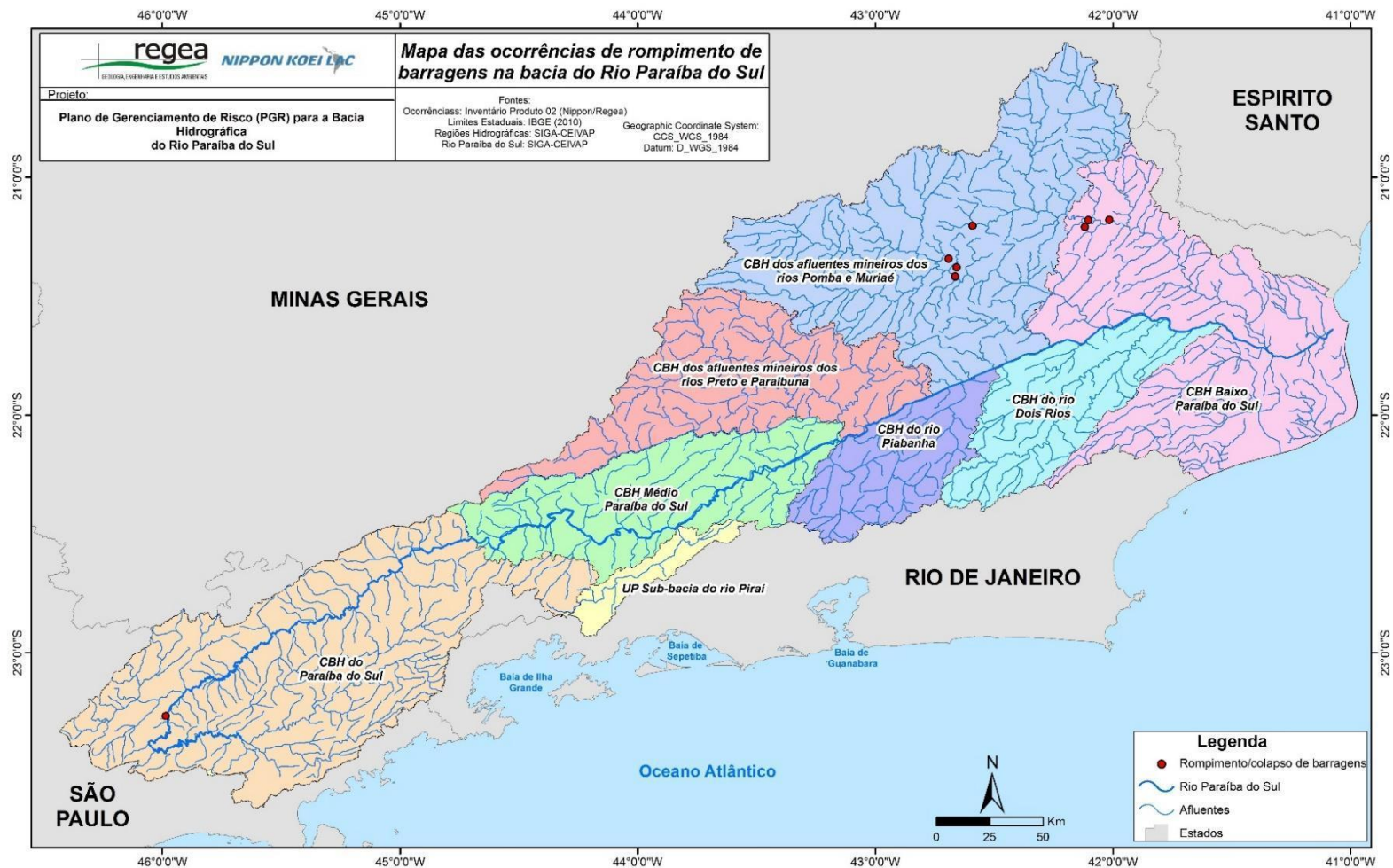
Primeiramente, os rompimentos e colapsos de barragens concentraram-se na área de abrangência do CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé (Figura 6.14 e Figura 6.15).

Foram registradas apenas quatro ocorrências de atingimento de sistemas de água potável por produtos químicos⁴ (Figura 6.16 e Figura 6.17), onde duas localizam-se na área do CBH Médio Paraíba do Sul.

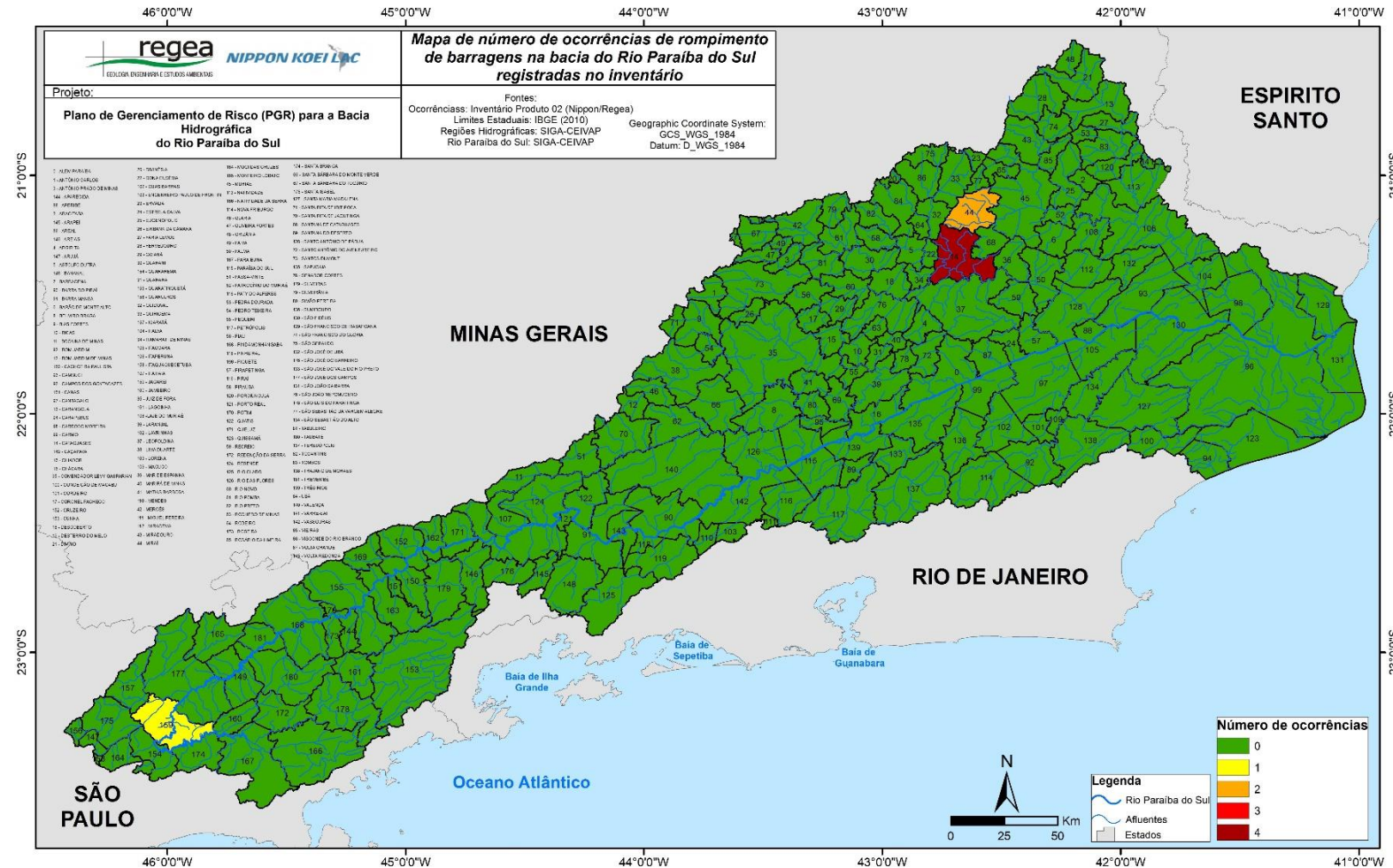
Quanto ao derramamento de produtos químicos em ambiente fluvial, houve um elevado número de registros em Barbacena-MG, mas quando especializados, constatou-se que se encontram no trecho do município externo à bacia. Com isso, restaram apenas quatro registros, sendo dois no CBH Paraíba do Sul, um no CBH Médio Paraíba do Sul, com atingimento do canal principal, e um no CBH dos afluentes mineiros dos Rios Pomba e Muriaé (Figura 6.18 e Figura 6.19).

Por fim, o inventário de acidentes viários (ferroviários, rodoviários e dutoviários) mostrou elevada ocorrência de acidentes rodoviários, sendo em sua maioria concentrados no trecho paulista da Rodovia Presidente Dutra – BR 116 (Figura 6.20 e Figura 6.21). O fato preocupante dessa constatação é que tal eixo margeia, em grande parte de seu percurso, o rio Paraíba do Sul, tendo então casos de atingimento do corpo hídrico por possíveis contaminantes. Logo em seguida tem-se uma concentração no estado de Minas Gerais, especificamente na área do CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna e do CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé, com destaque para os municípios de Barbacena, Santos Dumont e Juiz de Fora cortados pela rodovia BR-040 (Rodovia Presidente Juscelino Kubitschek), que possui alto índice de acidentes rodoviários.

⁴ - Ressalta-se que a diferença do COBRADE 2.2.2.1.0 (liberação de produtos químicos nos sistemas de água potável), para o 2.2.2.2.0 (Derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial, marinho e aquífero) é que o primeiro se restringe ao atingimento de sistemas de abastecimento, ao passo que o segundo refere-se ao atingimento de corpos hídricos em geral.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio.



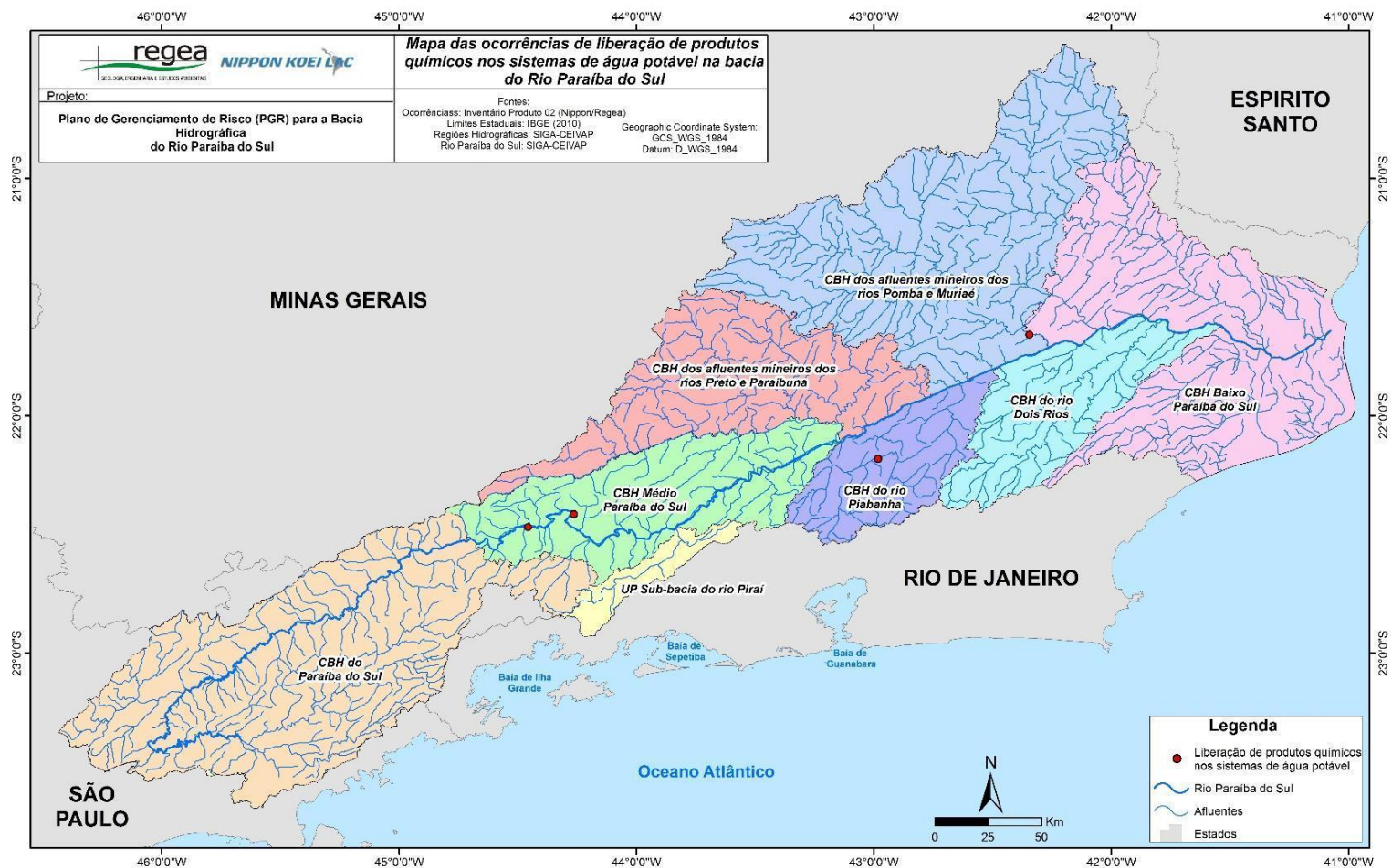


Figura 6.16 – Distribuição das ocorrências de liberação de produtos químicos nos sistemas de água potável na bacia do rio Paraíba do Sul.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

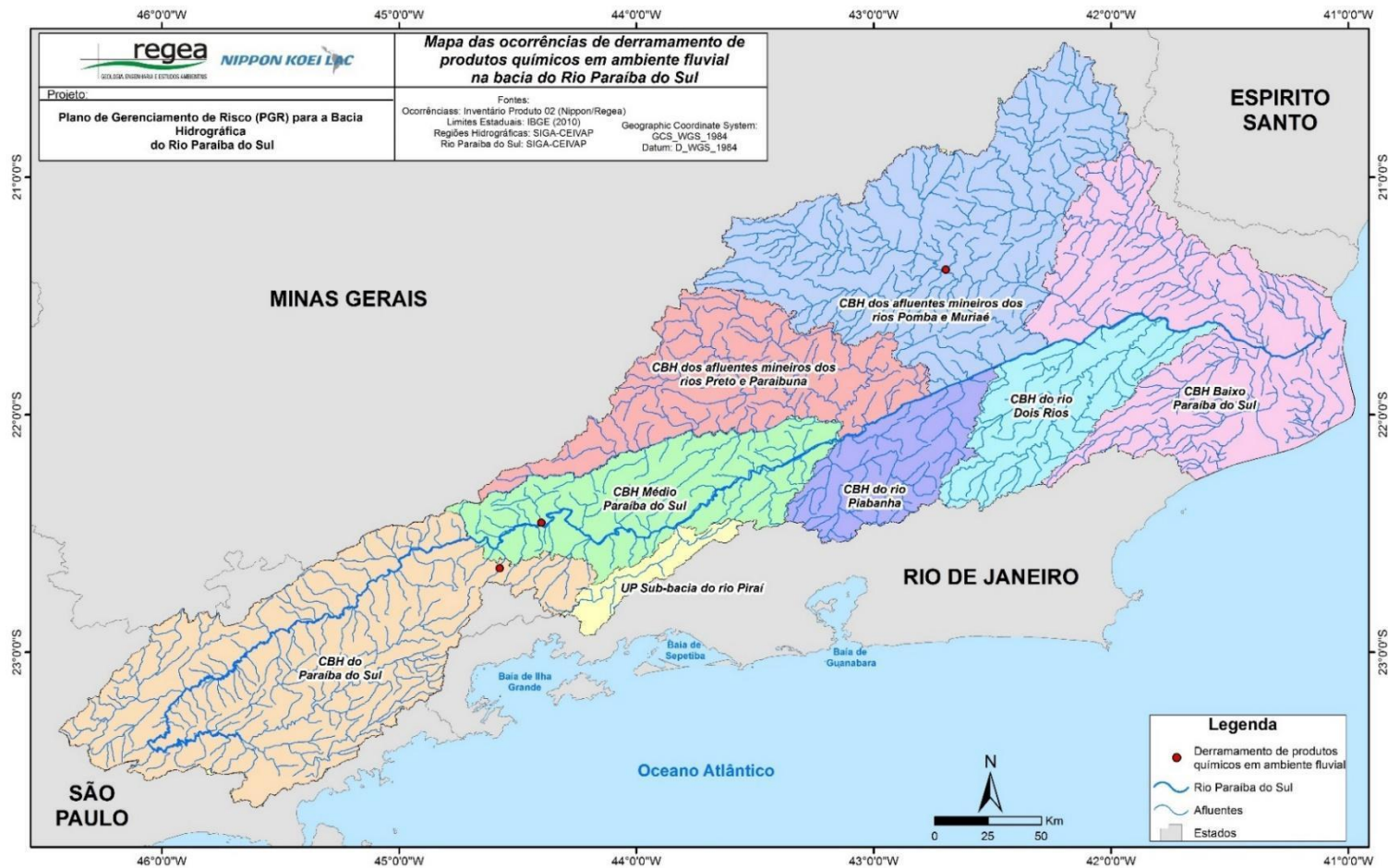
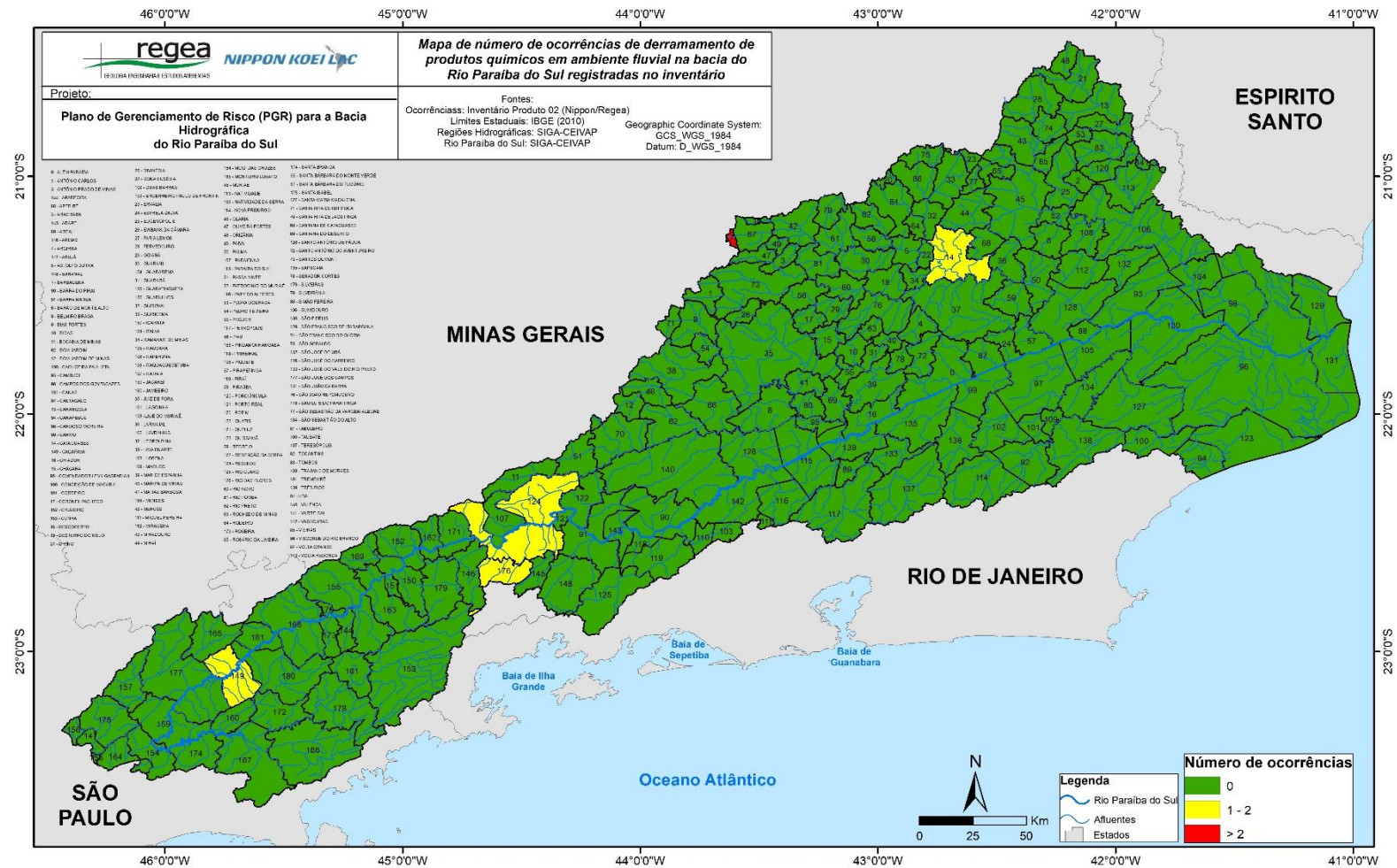


Figura 6.18 – Distribuição das ocorrências de derramamento de produtos químicos na bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.



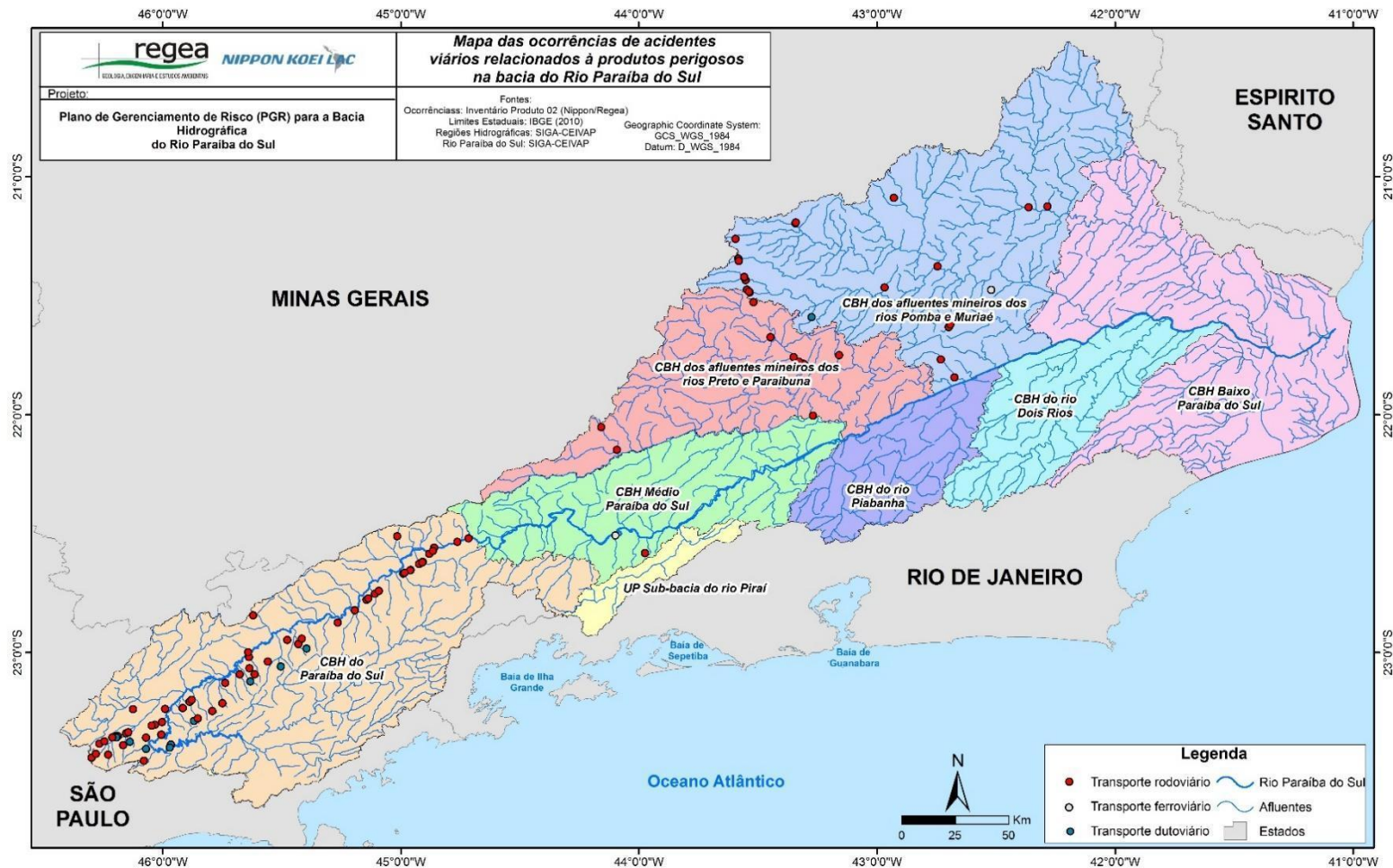


Figura 6.20 – Distribuição das ocorrências de desastres relacionados a transporte de produtos perigosos na bacia do rio Paraíba do Sul.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

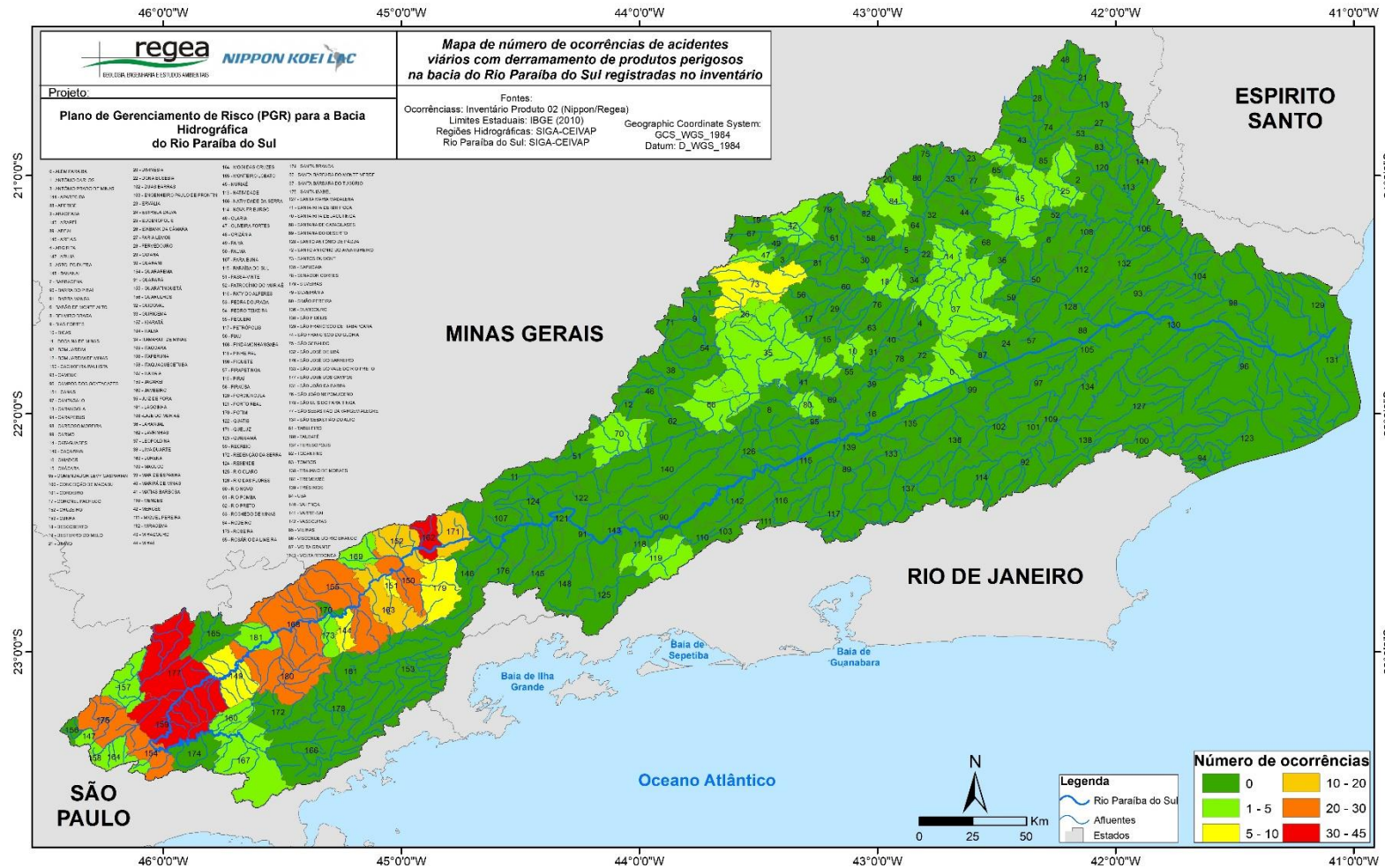


Figura 6.21 – Frequência das ocorrências de desastres relacionados a transporte de produtos perigosos na bacia do rio Paraíba do Sul.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

7 OFICINA DE DISCUSSÃO E VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

Ao longo da elaboração do Produto 02 foram realizadas duas reuniões junto ao GTPGR. A primeira delas, em 29/10/2020, teve como foco principal a apresentação e discussão final do Produto 01 – plano de trabalho – e da eleição de coordenação e vice do GT, onde foram eleitos, respectivamente, Saulo Aires, da Agência Nacional de Águas, e João Gomes Siqueira, da REDEC Norte.

Os apontamentos referentes ao Produto 01 também tinham relação direta com o presente produto. Os mesmos permearam a definição de categorias de acidentes a serem considerados no projeto, englobando recorte temporal e magnitude dos eventos. Juntamente a isso, definiu-se como escalas de análise as regiões hidrográficas e as otobacias. Complementarmente, membros do GT indicaram bases *online* para busca de dados referentes à estudos pretéritos da bacia do rio Paraíba do Sul, bem como dados de acidentes e dados especializados.

Em 14/01/2021 foi realizada a segunda reunião do GTPGR, a qual teve como pauta três principais itens, sendo: (a) apresentação preliminar dos dados do Produto 02; (b) apresentação e explicação do formulário *google docs* enviado por e-mail aos membros do GT PGR, plenária do CEIVAP e Comitês Afluentes e divulgado amplamente nas mídias digitais do CEIVAP; e (c) abertura de fala aos membros para indicação de eventos a serem considerados.

A discussão preliminar dos dados do Produto 02 mostrou um *feedback* positivo, pois todos os eventos citados pelos membros já haviam sido listados previamente no inventário. Isso demonstrou que o levantamento de dados e o andamento do trabalho estavam pertinentes aos principais problemas que ocorrem na bacia do Paraíba do Sul. Juntamente a isso, houveram indicações de bases para aprimorar os dados parciais apresentados e também indicação de eventos externos à bacia que puderam ser considerados como referência de medidas de contenção e mitigadoras.

7.1 Formulário e resumo dos resultados obtidos

O formulário enviado aos membros do GTPGR e a agentes ligados a bacia do rio Paraíba do Sul foi composto pelas seguintes informações:

- 1) **Informações de contato:** Nome, endereço para correspondência, e-mail, celular e indicação de membro ou não da CEIVAP
- 2) **Cadastro / descrição do evento:** Nome do evento, localização, data do evento, impactos, organizações envolvidas, pessoas envolvidas, medidas tomadas, situação atual, atores que julga importante entrar em contato e eventos similares
- 3) **Análise do evento:** Descrição do evento, causas principais do evento, intensidade do impacto (com opção de seleção de pequena, média, grande, muito grande, catastrófica ou não sei informar), probabilidade de ocorrer de novo (com opção de seleção de rara, baixa, média, alta, muito alta e não sei informar), ações preventivas, ações de resposta e relação com outros eventos.
- 4) **Cadastro de novos eventos** seguindo as mesmas perguntas dos itens 2 e 3. O formulário possibilitou a inserção de, no máximo, 10 eventos.

Foram recebidas 25 respostas do formulário, sendo 8 de pessoas externas ao CEIVAP. Dentre as respostas registradas, 17 foram respectivas ao cadastro de um único evento e 8 respostas descreveram dois eventos.

A maioria dos eventos indicados são de origem hidrológica, sendo utilizadas as seguintes denominações: “enchente”, “cheia”, “inundação” e “alagamento”, com destaque para indicações de eventos na porção mineira, especificamente na CBH dos Afluentes Mineiros dos rios Pomba e Muriaé. Em seguida aparecem indicações de escassez hídrica, principalmente para os anos de 2014-2015. Pontualmente, foram indicados alguns acidentes menores que ainda não haviam sido computados, como o caso da indicação de um vazamento de óleo na Serra das Araras.

As narrativas de impactos, medidas tomadas, descrição do evento e organizações envolvidas foram importantes, pois mesmo em eventos que já haviam sido cadastrados antes do envio do formulário, tais respostas auxiliaram na complementação de informações.

Considerando todos os eventos registrados, as respostas de localização dos eventos cadastrados foram, na maioria das vezes, imprecisas e generalizadas, não sendo possível identificar o local exato da ocorrência. Algo semelhante ocorreu na indicação de eventos similares, com respostas vagas como “ocorre o mesmo problema em mais locais na cidade”.

As informações mais importantes foram retiradas das questões de “ações preventivas” e “ações de respostas”, as quais mostram como os agentes locais agem pré e pós acidente, indicando possíveis medidas a serem consideradas nesse PGR.

Em suma, o fato de o formulário ter trazido, em sua maioria, dados já cadastrados no inventário previamente, mostra a eficiência na busca de informações sobre os acidentes naturais e tecnológicos na bacia, complementa as ocorrências com informações de extrema relevância, bem como reforça as questões hidrológicas como principais processos geradores de risco na área.

O Anexo Digital 2 apresenta os resultados dos formulários preenchidos.

8 REUNIÃO DE DISCUSSÃO COM A GTPGR

No dia 08/03/2021, às 14h e em ambiente virtual, foi realizada uma reunião com o GTPGR na qual o objetivo foi a discussão da primeira versão do relatório do Produto 02. A apresentação foi feita pela equipe técnica do consórcio e, logo após, a reunião foi aberta para comentários e sugestões por parte dos membros do GT. As principais sugestões vieram dos representantes da ANA, IGAM e REDEC Norte. Posteriormente às contribuições verbais, foi definido um prazo (16/03/2021) para envio de novos comentários ao consórcio à serem considerados nessa versão final do produto. Assim, as contribuições do GT foram enriquecedoras ao produto, pois trouxeram indicações de dados complementares aos apresentados, sugestões de inserção de dados que não haviam sido demonstrados e apontamentos gerais que contribuíram nas discussões dos dados em geral.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS E DIRETRIZES PARA O PRODUTO 3

Conforme já exposto anteriormente, este é o segundo produto de um total de oito, visando a elaboração do Plano de Gerenciamento de Riscos para a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. Seguindo o caminho para a construção do plano em questão, este documento teve o objetivo principal de apresentar o levantamento de dados que serão utilizados nas etapas seguintes da análise. Para isso, foi realizado um extenso inventário de eventos já ocorridos na bacia do rio Paraíba do Sul, envolvendo estiagens, cheias, rompimentos de barragens, intrusão salina, movimentos de massa e contaminação por poluentes.

O desenvolvimento desse inventário constou de análise de informações em diversos estudos desenvolvidos para a bacia, bem como sites de entidades com atuação sobre o tema. Todas as informações foram analisadas e sistematizadas em um banco de dados que consta do Anexo Digital 1 deste documento, com seus dados completos identificados. Além disso, todas as

informações foram especializadas, o que permite a verificação das porções da bacia mais suscetíveis à ocorrência de eventos críticos de determinada tipologia.

Na etapa seguinte do trabalho, é prevista a análise dos eventos e identificação da probabilidade de ocorrência. Para que essa atividade seja realizada de forma adequada, apresenta-se como diretriz básica a necessidade de detalhamento das informações relacionadas aos seus impactos específicos nos recursos hídricos. Nesse sentido, é possível que parte importante dos eventos identificados e constantes do inventário não levem usualmente a impactos relevantes nos recursos hídricos, o que faz com que possam ser descartados das análises seguintes.

Outra diretriz apresentada é relacionada à localização dos eventos e os corpos hídricos que efetivamente foram ou são usualmente impactados por cada tipologia de eventos. Assim, o detalhamento da localização dos eventos deve ser realizado de forma que permita a identificação do curso de água impactado e seu local específico, bem como o trecho de abrangência. Essa informação é relevante para dar suporte a análises que serão realizadas em etapas seguintes, mais especificamente relacionadas à construção do plano de contingência.

Por fim, destaca-se para a próxima etapa a diretriz de também atentar para detalhamento de análises em áreas possíveis da ocorrência de eventos com impactos nos recursos hídricos. Nesse sentido, é possível que eventos importantes e potenciais ainda não tenham ocorrido em determinados trechos da bacia. Assim, é fundamental que seja efetivamente avaliada a possibilidade de ocorrência de cada tipologia de evento e sua probabilidade.

10 EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Cargo/Função	Conselho de Classe
Oswaldo Yujiro Iwasa	Coordenador Geral	CREA SP nº 0600518079
Leonardo Mitre Alvim de Castro	Especialista em Análise de Risco	CREA MG nº 70.992/D
Carlos Frederico de Castro Alves	Especialista em Meio Ambiente	CREA SP nº 5060824529
Valter Rossi Junior	Auxiliar Administrativo	CRA SP nº 045893
Jaime Federici Gomes	Especialista em Modelagem Matemática	CREA MG nº 72.016/D
Marcelo Ling Tosta da Silva	Especialista em Economia	CORECON PR nº 8.013
Jana Alexandra Oliveira da Silva	Especialista em Ciências Sociais	CTF IBAMA 2934379
Mariana Guarnier Fagundes	Especialista em Geoprocessamento	CREA SP nº 5062821457
Adão A. Modesto Lanzieri	Especialista em Geoprocessamento	CREA SP nº 5062571782
Fernando Machado Alves	Especialista em Gestão de Risco de Desastres Naturais	CREA SP nº 5062119280
Camila Bertaglia Carou	Geógrafa, MSc	CREA SP nº 5070223575
Roberto Sussumu Kurokawa	Engenheiro Agrônomo	CREA 06004946-23/D
Ledice Kesiane Pestana Moraes	Engenheira Ambiental	CREA 305.721/D-TO

11 REFERÊNCIAS

A Noite, Rio de Janeiro, 17 de dezembro de 1948. Disponível em <http://memoria.bn.br/DocReader/Hotpage/HotpageBN.aspx?bib=348970_04&pagfis=56038&url=http://memoria.bn.br/docreader#> Acesso em 03 fev. 2021.

ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química. Guia para elaboração de Plano de Contingência para a Crise Hídrica. Grupo de Trabalho – GT Água. Comissão de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Disponível em https://www.abiquim.org.br/uploads/guias_estudos/Crise_Hidrica.pdf. Acesso em março/2021. 2p. Sem data.

ACAYABA, C. Vazamento de óleo diesel atinge represa de São José do Rio Preto. Folha de São Paulo, São Paulo, 09 de outubro de 2006. Índice Geral. Disponível em <<https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff0910200614.htm>> Acesso em 02 jan. 2021.

ACAYABA, C.; BAPTISTA, R. Barragem rompe e deixa 100 mil sem água. Folha de São Paulo, São Paulo, 11 de janeiro de 2007. Índice Geral. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff1101200701.htm>> Acesso em 28 jan. 2021.

ACCA. Lembrança: O pior desastre ambiental do país, Cataguazes. In: ACCA. Zona de Risco. 25 de novembro de 2015. Disponível em: https://zonaderisco.blogspot.com/2015/11/lembranca-o-pior-desastre-ambiental-do_25.html. Acesso em 26 jan. 2021.

Acidente abre discussão sobre fragilidade de represa em Rio Preto. G1 - Globo, Rio Preto e Araçatuba, 16 de julho de 2015. Disponível em <<http://g1.globo.com/sao-paulo/sao-jose-do-rio-preto-aracatuba/noticia/2015/07/acidente-abre-discussao-sobre-fragilidade-de-represa-em-rio-preto.html>> Acesso em 29 jan. 2021.

Acidente com caminhão na br-277 causa vazamento de 20 mil litros de álcool. Tribuna, 23 de julho de 2007. Paraná. Disponível em < <https://tribunapr.uol.com.br/noticias/parana/acidente-com-caminhao-na-br-277-causa-vazamento-de-20-mil-litros-de-alcool/>> Acesso em 05 jan. 2021.

ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal; Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb; Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal – Emater-DF; e Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento e Desenvolvimento Rural – Seagri. Gestão da Crise Hídrica 2016-2018 – Experiências do Distrito Federal. 331p. 2018.

ALMEIDA A. B.; RAMOS, M. C.; SANTOS, M. A.; VISEU, T. 2003. Dam break Flood Risk Management in Portugal. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil - LNEC. 265 p.

ALMEIDA, A. B. 2001. Emergência e gestão do risco. In: fulanos...Curso de Exploração e Segurança de Barragens. Capítulo 7. Lisboa: Instituto Nacional da Água (INAG). 104 p.

ALMEIDA, P. C. de. Acidentes ambientais gerados no transporte rodoviário de produtos perigosos. 2010. 53 f. Monografia (Graduação em Gestão Ambiental e Ecologia) - Universidade Estadual de Montes Claros, 2010. Disponível em: <http://grarhomologa.prodemge.gov.br/institucional/trabalhos-academicos>. Acesso em 03 fev. 2021.

ANA – Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico. Plano Nacional de Segurança Hídrica. Resumo Executivo. 112p. 2019.

ANA – Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (Brasil). Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragem. Brasília: ANA, 2016. 66 p. (Manual do Empreendedor sobre

Segurança de Barragens, v. 3). ISBN 978-85-8210-039-4. Disponível em: http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/Entenda_Mais/volume-iii-guia-de-revisao-periodica-de-seguranca-de-barragem/view> Acesso em 04 dez. 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Relatório de segurança de barragens 2019. Brasília: ANA, 2020. 131 p. Disponível em: <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2019/rsb19-v0.pdf> Acesso em 13 de janeiro de 2021.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Sala de Situação da ANA para acompanhamento de eventos críticos. <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/eventos-criticos>. Acesso em abril de 2021. 2021b.

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. Plano de Gerenciamento de Crise Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC. 153p. 2014.

ANDRADE, E. L.; CALHEIROS, S. Q. C.; NASCIMENTO, M. C.; GUIMARÃES JÚNIOR, S. A. M. Áreas Vulneráveis à Ocorrência de Acidentes Envolvendo Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos no Trecho Alagoano da Rodovia BR-101. Revista do Departamento de Geografia, 2019, v. 38, p. 110-122, doi: 10.11606/rdg.v38i1.159839.

ANEEL (2021) https://www.aneel.gov.br/seguranca-de-barragens/-/asset_publisher/rtVzRmuMmPFC/content/painel-de-controle/655816?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fseguranca-de-barragens%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_rtVzRmuMmPFC%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2

ANM 2021a <https://app.anm.gov.br/SIGBM/Publico/GerenciarPublico>. Acesso em janeiro de 2021.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis. Rio de Janeiro: ANP, 2018. 264 p. ISSN 1983-5884. Disponível em: http://www.anp.gov.br/images/publicacoes/anuario-estatistico/2018/anuario_2018.pdf

ANTÔNIO, L. Z.; BUENO, T. (2013) Intrusão Salina. Revista Águas do Brasil, edição 2. Disponível em: <https://aguasdobrasil.org/artigo/intrusao-marinha/> Acesso em 22 fev. 2021.

ASPIRA, Associação de Proteção Ambiental de Pirapetinga – MG e Região. Trabalho de recuperação das margens do Rio Pirapetinga, renderá bons frutos. Pirapetinga, MG, 01 jun. 2017. Facebook: [@aspirareflorestapirapetinga](https://www.facebook.com/aspirareflorestapirapetinga). Disponível em: <https://www.facebook.com/aspirareflorestapirapetinga/photos/a.1610063685888226/1968576963370228> Acesso em 27 jan. 2021.

Banco Mundial. <http://documents1.worldbank.org/curated/pt/260891468222895493/pdf/NonAsciiFileName0.pdf>. Acesso em janeiro de 2021.

BEZERRA, M. M.; SILVA, E. R. A. C.; MELO, J. G. S. Vulnerabilidade Ambiental na BR-101 Norte, Brasil: Acidentes durante o transporte de produtos perigosos. Novas Edições Acadêmicas, 2018, 71. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327212938_Vulnerabilidade_ambiental_na_BR-101_Norte_Brasil. Acesso em 03 fev. 2021.

BIRD. Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (2012). Avaliação de Perdas e Danos: Inundações e Deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro - Janeiro de 2011. Brasília - DF: BIRD, 2012, 32 p. Relatório elaborado com o apoio do Governo do Estado do Rio de Janeiro, Disponível em:

<http://documents1.worldbank.org/curated/pt/260891468222895493/pdf/NonAsciiFileName0.pdf>. Acesso em 08 fev. 2021.

BONGIOVANNI, L.A.; ALVES, F.M.; FAGUNDES, M.G.; IWASA, O.Y. Avaliação da capacidade de gestão municipal de riscos de desastres naturais no nordeste brasileiro. In 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. Bento Gonçalves, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. 2015.

BRASIL. Anuário brasileiro de desastres: 2011. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres - CENAD. Brasília: CENAD, 2012.

BRASIL. Instrução Normativa nº01, de 24 de agosto de 2012 - Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE). Ministério da Integração Nacional. Brasília-DF, 2012.

CARNIATTO, I.; CALDEIRA, L. F. R.; OLIVEIRA, J. B.; OLIVEIRA, W. A. Riscos socioambientais dos mananciais de abastecimento por acidentes com transporte de produtos perigosos na BR-277, Paraná, Brasil. Revista FLAMMAE, v. 5, n. 12, p. 9-31, 2019 doi: 10.17648/2359-4837/flammae.v5n12.p9-31.

CASSALI, N. K. Desastres Ambientais: regulação e métodos de compensação. Revista de Direito da Empresa e dos Negócios, v. 1, n. 2. disponível em: <http://www.revistas.unisinos.br/index.php/rden/article/view/15750>. Acesso em: 25 jan. 2021.

CASTRO, A. L. C.; Glossário de Defesa Civil, Estudos de Riscos e Medicina de Desastres. Brasil. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil - SEDEC. 5a Ed. Brasília, 2012.

CASTRO, L. M. A. Avaliação da Operação de Reservatórios de Água e Definição de Subsídios para Proposição de um Pacto das Águas na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Relatório 1B. Novembro, 2019.

CEIVAP - Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. 2021. Sistema de Informação. Disponível em < <https://www.ceivap.org.br/sistema-informacao.php> . Acesso em 19 de março de 2021.

CEMADEN, 2021 site. <http://www.cemaden.gov.br/>. Acesso em janeiro de 2021.

CEOPS/FURB – Centro de Operações do Sistema de Alerta do Vale do Itajaí. Disponível em <http://ceops.furb.br/index.php/sistema-de-alerta>. Acesso em fevereiro de 2021.

CERRI, L. E. S. Riscos geológicos urbanos. In: CHASSOT, A.; CAMPOS, H. (Org.). Ciência da terra e meio ambiente: diálogos para (inter)ações no planeta. São Leopoldo: Unisinos, 1999

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatórios de Atendimento. São Paulo, SP: CETESB, 2021a. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/apresentacao/relatorios-de-atendimento/> Acesso em janeiro de 2021.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. SIEQ - Sistema de Informações sobre Emergências Químicas da CETESB. São Paulo, SP: CETESB, 2021b. Disponível em: <https://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php> Acesso em janeiro de 2021.

COPPETEC, Fundação - Laboratório de Hidrogeologia e Estudos de Meio Ambiente. Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro, R7 – Relatório Diagnóstico. 2014, 378 p. Instituto Estadual do Ambiente (Inea), Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <http://www.agevap.org.br/downloads/Relatorio-Diagnostico-texto.pdf>

CORSI, A. C.; AZEVEDO, P. B. M.; GRAMANI, M. F. Valoração de danos decorrentes da inundação em São Luiz do Paraitinga. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Dezembro de 2012.

COSTA, D. C.; AMARAL, C. P.; FERREIRA, L.G.; RIBEIRO, C. B. M. Estudo da dispersão ambiental em cursos d'água na Bacia do Rio Paraíba a partir de despejos acidentais de substâncias poluentes pelo transporte rodoviário. In: Simpósio dos Recursos Hídricos da Bacia do Paraíba do Sul, 3, 2018, Juiz de Fora - MG. Anais [...]. Disponível em: <https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/abr/Eventos/Trabalhos/76/B3001.pdf>. 2018.

COSTA SOBRINHO, A. F. Análise de Cenários da Salinização dos Aquíferos Costeiros da Planície do Recife Levando em Conta os Efeitos da Elevação do Nível do Mar. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). 229 f. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/14053>. Acesso em 22 fev. 2021.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Disponível em https://www.cprm.gov.br/sace/index_bacias_monitoradas.php?getbacia=bdoce. Acesso em fevereiro de 2021. 2021.

CUNHA, W. C. Análise do Transporte de Produtos Perigosos no Brasil. 2009. 195 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

de CASTRO, A. L. C. Manual de desastres: desastres naturais. Brasília (DF): Ministério da Integração Nacional. 174 p. 2003.

Defesa Civil de Itajaí. <https://defesacivil.itajai.sc.gov.br/#>. Acesso em fevereiro de 2021.

Deloitte. IBRI – Instituto Brasileiro de Relações com Investidores. Manual de Gestão de Crises para Relações com Investidores. Comunicação e estratégia para a preservação de valor. 20p. 2015.

DNRM - Department of Natural Resources and Mines. 2002. Guidelines for failure impact assessment of water dams. Queensland, Austrália. 43 p.

DRZ, Geologia e Consultoria Ltda. Plano de Contingência para Abastecimento de Água (Guandu), Produto P6 – Volume IV: Análise Preliminar De Risco. 2015, 232 p. Comitê de Bacia Hidrográfica do Guandu - CBH Guandu, AGEVAP, Resende, RJ, 2015.

ENGENCORPS. Engecorps Engenharia S.A. Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul, R. 06 – Estudos de Ruptura de Barragens. 2012, 113 p. Disponível em: http://gripbsul.ana.gov.br/rels/R06.Estudo%20de%20Ruptura%20de%20Barragens/R06.Estudo%20de%20Ruptura%20de%20Barragens.Tomo_I_Texto.pdf. Acesso em 04 dez.2020.

ENGENCORPS. Engecorps Engenharia S.A. Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul. RF01 - Relatório Final de Elaboração do SISPREC. 2013, 13 p. Disponível em: <http://gripbsul.ana.gov.br/Sisprec.html>. Acesso em 12 jan.2021.

ESPAÑA. Guia para la elaboración de los planes de emergencia de presas. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 2001.

ESPAÑA. Reglamento Técnico Sobre Seguridad de Presas y Embalses. Orden Ministerial Ref. 1996/07319, de 12 mar. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid. 30 mar. 1996.

Estado de Minas. Após acidente em barragem no Vale do Paraíba, Pindamonhangaba fica sem água. O Estado de Minas, 09 de fevereiro de 2016. Disponível em < https://www.em.com.br/app/noticia/nacional/2016/02/09/interna_nacional,732802/apos-acidente-em-barragem-no-vale-do-paraiba-pindamonhangaba-fica-sem.shtml> Acesso em 13 jan. 2021.

FEAM, 2021 <http://www.feam.br/component/content/article/15/2082-acidentes-ambientais-anteriores>

FERRARI, E. Sem água, Uberaba decreta estado de calamidade pública. UOL, 11 de junho de 2003. Últimas Notícias. Disponível em <<https://noticias.uol.com.br/inter/reuters/2003/06/11/ult27u36141.jhtm>>

FERREIRA, D.G.; SANTO, R.E. s/d. Responsabilidade civil ao dano ambiental no caso da Mineradora Rio Pombo. <https://egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/1775-1583-1-pb.pdf>

FERRER, L.M.; MONTEIRO, A.M.V.; AMARAL, S. Indicador de vulnerabilidade social urbana ao desabastecimento de água. São José dos Campos, SP. *In*: Simpósio dos Recursos Hídricos da Bacia do Paraíba do Sul, 3, 2018, Juiz de Fora - MG. Anais [...]. Disponível em: http://plutao.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/plutao/2018/12.14.21.07.24/doc/ferrer_indicador.pdf Acesso em 26 jan. 2021.

Folha de São Paulo. Principais Vazamentos da Petrobras nos últimos 25 anos. Folha de São Paulo, São Paulo, 23 de julho de 2000. Índice Geral. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff2307200005.htm>> Acesso em 07 fev. 2021.

Fundação Oswaldo Cruz <http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/>.

Fundação Renova. <https://www.fundacaorenova.org/painel-rio-doce/>. Acesso em janeiro de 2021.

G1 – Brasil teve casos de furtos de combustível em oleodutos nos últimos anos. G1 - Globo, São Paulo, 19 de janeiro de 2019. Economia. disponível em <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/01/19/brasil-teve-serie-de-furtos-de-combustivel-em-oleodutos-nos-ultimos-anos.ghtml>> Acesso em 07 fev. 2021.

G1 – Desastre ambiental em Uberaba após descarrilamento de trem faz 10 anos. G1 - Globo, Uberaba, 10 de junho de 2013. Triângulo Mineiro. Disponível em <<http://g1.globo.com/minas-gerais/triangulo-mineiro/noticia/2013/06/desastre-ambiental-em-uberaba-apos-descarrilamento-de-trem-faz-10-anos.html>> Acesso em fevereiro de 2021.

G1 – <http://g1.globo.com/rj/norte-fluminense/noticia/2014/10/salinizacao-do-rio-paraiba-do-sul-afeta-distribuicao-de-agua-no-norte-do-rj.html>. Acesso em fevereiro de 2021.

GONÇALVES, J.B.; ALMEIDA, J.R.; LINS, G.A. Uma análise crítica do acidente em Cataguases (MG), 2003. Revista Ciências do Ambiente On-line, Agosto, 2007. v. 3, n. 2. Disponível em: <http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/viewFile/88/63>

GONÇALVES, V. K. O desastre de Cataguases: uma caricatura do risco. 2006. SBPC. Resumos. Anais da 58ª Reunião Anual da SBPC - Florianópolis, SC - Julho/2006. Disponível em: http://www.sbpcnet.org.br/livro/58ra/SENIOR/RESUMOS/resumo_2892.html. Acesso em 22 jan. 2021.

GRAHAM, W. J. A. Procedure for Estimating Loss of Life Caused by Dam Failure (DSO-99-06). Denver: U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation. 1999.

GRAMANI, M. F. Caracterização das corridas de massa (debris flow) no Brasil e comparação com alguns casos internacionais. 2001. 375 f. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

GRAMANI, M. F. Corridas de Massa na Serra da Mantiqueira: Descrição e Avaliação da Ocorrência no Córrego do Braço. Revista Técnico-Científica do Crea-PR - ISSN 2358-5420 – Ed. Especial – p. 1 - 15. 2018.

IAWD – International Association of Water Supply Companies in the Danube River Catchment Area. Water Safety and Crisis Management: Business Continuity Essentials for Disaster Risk Management. 2016.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renováveis. Relatório de acidentes ambientais 2008. Diretoria de Proteção Ambiental - DIPRO; Coordenação Geral de Emergências Ambientais - CGEMA. 2009.

Índia. Government of India. Ministry of Agriculture and Farmers Welfare (Department of Agriculture, Cooperation and Farmers Welfare). National Crisis Management Plan for Drought. 41p. Índia. 2019.

INEA, 2016 <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Diagn%C3%B3stico-dos-Acidentes-Ambientais-no-Estado-do-Rio-de-Janeiro-1983-2016.pdf>

IPEA, DENATRAN e ANTP (2006)

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Avaliação Técnica das Condições de Integridade e de Gestão de Riscos do Mineroduto do Sistema Minas-Rio - Etapa 1. Parecer Técnico nº 21.079-301. Anglo American. Ministério Público – MG. 12 de novembro de 2018.

ISO 31.000 - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Gestão de riscos: NBR/ISO 31000, 2009: Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

KOBYIAMA, M; MENDONÇA, M; MORENO, D.A; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORF, F, M. Prevenção de Desastres Naturais – Conceitos Básicos. Curitiba. 1ª Edição. 124p. 2006.

LARCHER, M. A. 2012. A Responsabilidade Civil decorrente de acidentes ambientais deflagrados por eventos da natureza – O caso do rompimento da barragem de rejeitos em Mirai. Ministério Público de Minas Gerais. Coordenadoria Estadual das Promotorias de Justiça de Defesa da Habitação e Urbanismo. Belo Horizonte. 2012. Acesso em: 26.01.2021. Disponível em:

<https://aplicacao.mpmg.mp.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/1088/8%20R%20MJ%20Responsabilidade%20civil%20-%20marta.pdf?sequence=1>

LOURES, Angela. Como tudo aconteceu. Jornal da Reconstrução, Taubaté, Março de 2010. Disponível em < https://www.saoluizdoparaitinga.sp.gov.br/site/wp-content/uploads/2012/02/jr_n1.pdf >. Acesso em 22 de março de 2021.

MABROUK, A.; BOULMAKOUL, A.; LBATH, A. Safest and shortest itineraries for transporting hazardous materials using split points of Voronoï spatial diagrams based on spatial modeling of vulnerable zones. Procedia Computer Science, v. 109, p. 156-163, 2017, doi: 10.1016/j.procs.2017.05.311.

Mais de 1.000 mortos e 20.000 deslocados. Diário da Noite, Rio de Janeiro, 20 de dezembro de 1948. Disponível em

<http://memoria.bn.br/DocReader/Hotpage/HotpageBN.aspx?bib=221961_02&pagfis=48466&url=http://memoria.bn.br/docreader#> Acesso em 03 fev. 2021.

MASLAĆ, M.; ANTIĆ, B.; PEŠIĆ, D.; MILUTINOVIĆ, N. Behaviours of professional drivers: Validation of the DBQ for drivers who transport dangerous goods in Serbia. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, v. 50, p. 80-88, 2017, doi: 10.1016/j.trf.2017.08.001.

Minas Gerais. Diagnóstico Inicial de Impactos do Rompimento (<https://www.mg.gov.br/conteudo/pro-brumadinho/diagnostico-inicial-de-impactos-do-rompimento>). Acesso em janeiro de 2021.

MORADEI, N. S. A grande enchente de São Luiz do Paraitinga - 2010. Dissertação de mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo - FAUUSP - Área de concentração: Paisagem e Ambiente. 2016.

MPRJ ajuíza ação contra o município de São José do Vale do Rio Preto por fornecimento de água contaminada à população. Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 17 de agosto de 2018. Disponível em <http://www.mprj.mp.br/home/-/detalhe-noticia/visualizar/64604?p_p_state=maximized> Acesso em 6 jan. 2021.

NARDOCCI, A. C.; LEAL, O. L. Informações sobre Acidentes com Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos no Estado de São Paulo: os desafios para a Vigilância em Saúde Ambiental. Saúde e Sociedade, v. 15, n. 2, p. 113-121, 2006, doi: 10.1590/S0104-12902006000200011.

OLIVEIRA e NOGUEIRA, Barcarena: acidente no Pará. Rádio Câmara, Brasília, 19 de novembro de 2018. Reportagem Especial. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/radio/programas/548060-barcarena-acidente-ambiental-no-para/>> Acesso em 05 fev. 2021.

OLIVEIRA, A. M.; TOLEDO, P. H. O.; FREIRE, C. C.; GOMES, M. G.; BUARQUE, A. C. S. 2018. Análise do avanço da cunha salina em sistema aquífero costeiro. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 23, n. 5, p. 939-950, doi: 10.1590/S1413-41522018167251

PALACIO, H.A.Q.; ARAÚJO NETO, J. R.; MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE, E. M.; SANTOS, J. C. N.; CHAVES, L. C. G. 2011. Similaridade e fatores determinantes na salinidade das águas superficiais do Ceará, por técnicas multivariadas. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 395-402, doi: 10.1590/S1415-43662011000400011.

PEREIRA, G. M. Acidentes e Rupturas de Barragens de Armazenamento de Água. São Paulo. ABGE. 2020.

PILCHOWSKI, R. W. 2003. Avaliação dos impactos de derramamento de óleo sobre a ictiofauna do Altíssimo, Alto e Médio Rio Iguaçu, Paraná, Brasil. Tese de doutoramento, da Universidade Federal do Paraná. 51p. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/28199/D%20-%20ROBERT%20WILLIAN%20PILSHOWSKI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 10 de fev. 2021.

PROFILL. Consolidação do diagnóstico e prognóstico e versão preliminar do Banco de dados, Produto Parcial 02 Relatório Técnico. Revisão 03. Novembro de 2018.

PROFILL. Consolidação do Plano Integrado de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul (PIRH-PS). Produto Parcial 06, Relatório Técnico. Revisão 03. Março de 2020.

REAL, M. V.; BRAGA, M. G. C. Controle de riscos no Transporte Rodoviário De Produtos Perigosos No Brasil - Uma Proposta

REZENDE, J. M. P. Caso SHELL/CYANAMID/BASF: Epidemiologia e informação para o resgate de uma preocupação negada. 2005. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva, área de Epidemiologia) - Faculdade de Ciências Médicas - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

RIBEIRO, C.B.M.; SILVA, D.D.; SOARES, J.H.P.; GUEDES, H.A.S. Desenvolvimento e validação de equação para determinação do coeficiente de dispersão longitudinal em rios de médio porte. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. v.15 n.4, out/dez 2010. 393-400. 2010.

RIBEIRO, C.B.M.; SILVA, D.D.; SOARES, J.H.P.; GUEDES, H.A.S. Sistema de alerta com base em estudo teórico-experimental de dispersão de poluentes solúveis em rios. Revista de Engenharia Agrícola. vol. 31 nº 5 Jaboticabal Sept./Oct. 2011.

ROCHA, F. F. Retroanálise Da Ruptura Da Barragem São Francisco – Mirai, Minas Gerais, Brasil. 2015, 175 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

ROCHA, W. J. S. Estudo da salinização das Águas Subterrâneas na Região de Maceió a partir da Integração de Dados Hidrogeológicos, Hidrogeoquímicos e Geolétricos. Tese – Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, 193 f. 2005.

San Jose Del Monte City Water District. Crisis Management Plan. 72p. Filipinas, 2016.

SILVA JÚNIOR, G.C.; LOWSBY, M.G.; ALVES, M. da G.; FERRUCIO, P.L.; MONTEIRO, A.C.; ALMEIDA, R.R. A problemática da intrusão marinha nos aquíferos costeiros do leste fluminense: um estudo de caso - a região oceânica de Niterói. Anais do XI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas 2000 SUPLEMENTO disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23777>.

SILVA, B. T. A.; GOMES, C.C. Intrusão marinha em poços de exploração de água subterrânea, na beira-mar de Fortaleza – Ceará. 2007. Suplemento do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/19/b87d71cdd2b752655b1e94460fe30ba0_9cad614e8a9f89fc35c70f179b396520.pdf Acesso em 22 fev. 2021.

SINPDEC - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil. Formulário de Informações do Desastres (FIDE): Protocolo: MG-F-3105608-22220-20130411. 2013. Disponível em < <https://s2id-search.labtrans.ufsc.br/> > Acesso em 20 de novembro de 2020.

SINPDEC - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil. Formulário de Informações do Desastres (FIDE): Protocolo: SP-F-3546801-14110-20140227. 2014. Disponível em < <https://s2id-search.labtrans.ufsc.br/> > Acesso em 20 de novembro de 2020.

SINPDEC - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil. Formulário de Informações do Desastres (FIDE): Protocolo MG-F-3138609-14110-20150824. 2015 a. Disponível em < <https://s2id-search.labtrans.ufsc.br/> > Acesso em 20 de novembro de 2020.

SINPDEC - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil. Formulário de Informações do Desastres (FIDE): Protocolo MG-F-3169901-14110-20151006. 2015 b. Disponível em < <https://s2id-search.labtrans.ufsc.br/> > Acesso em 20 de novembro de 2020.

SINPDEC - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil. Formulário de Informações do Desastres (FIDE): Protocolo RJF33047551411020150324. 2015 c. Disponível em < <https://s2id-search.labtrans.ufsc.br/> > Acesso em 20 de novembro de 2020.

SNISB – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb>. Acesso em janeiro de 2021. 2021

SOUZA, A. S.; SILVA JÚNIOR, I. V.; PACHECO, J. S.; PEREIRA, C. S. S. Avaliação do plano nacional de prevenção, preparação e resposta rápida a emergências ambientais no transporte rodoviário de Produtos Perigosos (P2R2): Estudo de caso BR 393. Revista Teccen, v. 11, n. 2, p. 02-08, 2018, doi: 10.21727/teccen.v11i2.912.

STERNBERG, H. O. R. Enchentes e Movimentos Coletivos do Solo no Vale do Paraíba em dezembro de 1948 - Influência da Exploração Destrutiva das Terras. Revista Brasileira de Geografia, 1949, v. 11, n. 2, p. 67-105. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1949_v11_n2.pdf. Acesso em: 28 de janeiro de 2021.

SUASSUNA, K. 2001 Contaminação em Paulínia por Aldrin, Dieldrin, Endrin e outros compostos tóxicos produzidos e descartados pela Shell do Brasil S.A. Relatório do Greenpeace, 2001, 17 p. Disponível em <<https://www.conjur.com.br/dl/relatorio-shell-greenpeace.pdf>> Acesso em 07 fev. 2021.

TEIXEIRA, M. S. Relatório de atendimento a acidentes ambientais no transporte rodoviário de produtos perigosos 1983 a 2004. São Paulo: CETESB, 2005. 41 p. Série Relatórios / Secretaria de Estado do Meio Ambiente, ISSN 0103-4103. Disponível em:

<https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/apresentacao/relatorios-de-atendimento/> Acesso em 04 fev. 2021.

TINOCO, M. A. C.; NODARI, C. T.; PEREIRA, K. R. S. Vulnerabilidade ambiental, social e viária em acidentes com transporte de produtos perigosos: estudo de caso na BR-101 entre Osório e Torres, Rio Grande do Sul, Brasil. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 32, n. 9, p. 1-13, doi: 10.1590/0102-311X00112815

Trecho da BR-277 é interditado após acidente com vazamento de produto tóxico. G1 - Globo, Matelândia, 20 de outubro de 2017. Oeste e Sudeste RPC. Disponível em <<https://g1.globo.com/pr/oeste-sudoeste/noticia/trecho-da-br-277-e-interditado-apos-acidente-com-vazamento-de-produto-toxico.ghtml>> Acesso em 05 fev. 2021.

TROGLIO, J.; NODARI, C.T.; CALLEGARO, A.M. Proposta de método para avaliação do risco potencial de acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET, 32., 2018, Gramado – RS. Anais [...] Gramado, 2018. p. 518-529.

UENF - Universidade Estadual do Norte Fluminense. Relatório Técnico Sobre o Derramamento do Efluente da Indústria de Papéis Cataguazes nos rios Pomba e Paraíba do Sul. Campos de Goytacazes, RJ: UENF, 2003, 50 p.

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Atlas Brasileiro de Desastres: 1991 a 2012. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED). 2. ed. rev. ampl. 120 p. Florianópolis, 2013.

UNISDR - UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. International Strategy for Disaster Reduction. 2009. Terminology on Disaster Risk Reduction. Disponível em <http://www.unisdr.org/we/inform/terminology>

UNISDR - UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction - 2015 - 2030. Geneva. 2015.

UNSPIDER - SPACE-BASED INFORMATION FOR DISASTER MANAGEMENT AND EMERGENCY RESPONSE. Disaster Risk Management. Disponível em <http://www.unspider.org/risks-and-disasters/disaster-risk-management>.

USACE – US Army Corps of Engineers. 2010a. Hydrologic Modelling System HEC-HMS Users Manual. Hydrologic Engineering Center.

USACE – US Army Corps of Engineers. 2010b. River Analysis System HEC-RAS Users Manual. Hydrologic Engineering Center.

Usina é autuada e embargada após acidente poluir rio e matar peixes em MT. G1 - Globo, Jaciara, Mato Grosso, 30 de julho de 2018. Disponível em <<https://g1.globo.com/mt/mato-grosso/noticia/2018/07/30/usina-e-autuada-e-embargada-apos-acidente-poluir-rio-e-matar-peixes-em-mt.ghtml>>. Acesso em: 08 fev. 2021.

Vazamento de óleo diesel atinge o Rio Sesmaria, em Resende, no RJ. G1 - Globo, Rio de Janeiro, 06 de maio de 2013. Sul do Rio e Costa Verde. Disponível em <<http://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/noticia/2013/05/vazamento-de-oleo-diesel-atinge-rio-sesmaria-em-resende-no-rj.html>> Acesso em 28 de jan. 2021.

Vazamento de rejeito de mineração no Rio Paraíba é contido em Jacareí, SP. G1 - Globo, Jacareí, Pindamonhangaba, Taubaté, 06 de fevereiro de 2016. Disponível em <<http://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2016/02/vazamento-de-rejeito-de-mineracao-no-rio-paraiba-e-contido-em-jacarei-sp.html>> Acesso em: 13 jan. 2021.

VIECELE, L.; BAUER, T. Mergulho na história: os 10 anos da tragédia no Sinos. Beta, Porto Alegre, 29 de novembro de 2016. Geral. Disponível em

<<http://www.betaredacao.com.br/mergulho-na-historia-os-10-anos-da-tragedia-no-sinos/>>
Acesso em 07 fev. 2021.

Volume de óleo que vazou no rio chega a 49 mil litros, diz Transpetro. G1 - Globo, Rio de Janeiro, 08 de maio de 2013. Sul do Rio e Costa Verde. Disponível em <<http://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/noticia/2013/05/volume-de-oleo-que-vazou-no-rio-chega-49-mil-litros-diz-transpetro.html>> Acesso em 28 de jan. 2021.

ANEXO 1 – RISCOS: CONCEITOS E GESTÃO

A.1. ANÁLISE DE RISCOS: CONCEITOS

Neste anexo apresenta-se os conceitos fundamentais para a compreensão e análise de risco, bem como uma fundamentação teórica de sua gestão. A seguir serão apresentadas algumas terminologias de destaque nesse contexto e também a definição dos termos adotados para o presente projeto.

1.1 Norma Brasileira ISO 31000

A Norma Brasileira ISO 31000 de 2009 apresenta uma perspectiva generalista, pela qual todo e qualquer risco pode ser avaliado. De acordo com tal norma, toda estrutura organizada enfrenta influência de fatores internos e externos. Conseqüentemente, tal influência gera incertezas sobre o alcance dos objetivos da estrutura, sendo esse efeito denominado de Risco.

Nesse âmbito, uma bacia hidrográfica pode, então, ser considerada uma estrutura organizada e hierarquizada, na qual há variação de fluxo, interno e externo, de materiais e energias. Tal variação se aplica às incertezas da bacia, podendo gerar riscos. Por essa perspectiva, a ISO 31000 pode ser aplicada ao contexto do presente projeto.

Com isso, todas as atividades de uma organização envolvem algum tipo de risco, sendo possível o seu gerenciamento a partir da identificação e análise dos mesmos. Cada setor específico de uma organização deve aplicar ações de gestão de risco, de acordo com as necessidades particulares de cada contexto. A **figura A.1.1-1** apresenta um resumo do modelo de gestão de riscos proposta pela norma em análise, tendo ela como seus principais objetivos:

- Melhoria da identificação de oportunidades e ameaças;
- Melhoria da governança e da confiança entre as partes interessadas; estabelecimento de base confiável para o planejamento e tomada de decisão;
- Aumentar a eficiência da aplicação de recursos para o tratamento de riscos;
- Melhoria da eficiência e eficácia operacional; melhoria da segurança, saúde e proteção do meio ambiente;
- Prevenção de perdas e danos; e
- Aumento da resiliência de uma organização.

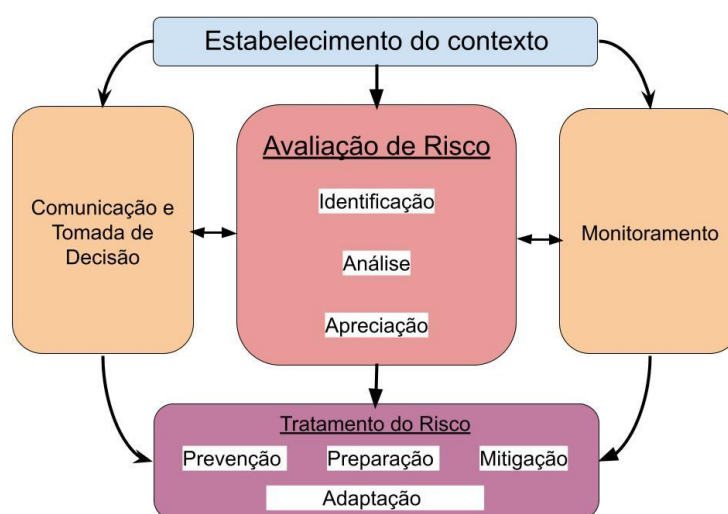


Figura A.1.1-1. Resumo do modelo de gestão de risco, modificado de ABNT NBR ISO 31000 (2009).

1.1.1 Termos e Definições da ISO 31000

Em sua Norma Técnica, a ISO 31000 apresenta as seguintes definições para o termo **Risco**: “*Efeito da incerteza nos objetivos. Sendo que um efeito é um desvio em relação ao esperado, os objetivos podem ter diferentes aspectos (tais como metas financeiras, de saúde e segurança e ambientais) e podem aplicar-se em diferentes níveis (tais como estratégico, em toda a organização, de projeto, de produto e de processo)*”.

De acordo com a norma, o risco é muitas vezes caracterizado pela referência aos eventos potenciais e às consequências, ou uma combinação destes. O risco pode ser expresso como uma combinação de consequências de um evento e a probabilidade de que ocorra. Outros termos centrais para a compreensão do risco são caracterizados da seguinte maneira:

- **Gestão de riscos**: atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização no que se refere a riscos;
- **Estrutura de gestão de riscos**: conjunto de componentes que fornecem os fundamentos e os arranjos organizacionais para a concepção, implementação, monitoramento, análise crítica e melhoria contínua da gestão de riscos através de toda a organização. A estrutura da gestão de riscos está incorporada no âmbito das políticas e práticas estratégicas e operacionais de toda a organização;
- **Fundamentos**: política, objetivos, mandatos e comprometimento para gerenciar riscos.
- **Arranjo organizacional**: planos, relacionamentos, responsabilidades, recursos, processos e atividades;
- **Política de gestão de riscos**: declaração das intenções e diretrizes gerais de uma organização relacionadas à gestão de riscos;
- **Atitude perante o risco**: abordagem da organização para avaliar e eventualmente buscar, reter, assumir ou afastar-se do risco;
- **Plano de gestão de riscos**: esquema dentro da estrutura da gestão de riscos, que especifica a abordagem, os componentes de gestão e os recursos a serem aplicados para gerenciar riscos. Incluem procedimentos, práticas, atribuição de responsabilidades, sequência e cronologia das atividades;
- **Proprietário do risco**: pessoa ou entidade com a responsabilidade e a autoridade para gerenciar um risco;
- **Processo de gestão de riscos**: aplicação sistemática de políticas, procedimentos e práticas de gestão para as atividades de comunicação, consulta, estabelecimento do contexto, e na identificação, análise, avaliação, tratamento, monitoramento e análise crítica dos riscos;
- **Estabelecimento do contexto**: definição dos parâmetros externos e internos a serem levados em consideração ao gerenciar riscos, e estabelecimento do escopo e dos critérios de risco para a política de gestão de riscos;
- **Comunicação e consulta**: processos contínuos e iterativos que uma organização conduz para fornecer, compartilhar ou obter informações e se envolver no diálogo com as partes interessadas e outros, com relação a gerenciar riscos;
- **Parte interessada**: pessoa ou organização que pode afetar, ser afetada, ou perceber-se afetada por uma decisão ou atividade;
- **Avaliação de Riscos**: processo global de identificação de riscos, análise de riscos e avaliação de riscos;
- **Fonte de Risco**: elemento que, individualmente ou combinado, tem o potencial intrínseco para dar origem ao risco;
- **Evento**: ocorrência ou mudança em um conjunto específico de circunstâncias;
- **Consequência**: resultado de um evento que afeta os objetivos;
- **Probabilidade**: chance de algo acontecer, sendo expressa qualitativamente ou quantitativamente;

- **Perfil de risco:** descrição de um conjunto qualquer de riscos;
- **Análise de riscos:** processo de compreender a natureza do risco e determinar o nível de risco;
- **Crítérios de risco:** termos de referência contra os quais a significância de um risco é avaliada. São baseados nos objetivos organizacionais, e podem ser derivados de normas, leis, políticas e outros requisitos;
- **Nível de risco:** magnitude de um risco ou combinação de riscos, expressa em termos da combinação das consequências e de suas probabilidades;
- **Avaliação de riscos:** processo de comparar os resultados da análise de riscos com os critérios de risco para determinar se o risco e/ou sua magnitude é aceitável ou tolerável;
- **Tratamento de riscos:** processo para modificar o risco, podendo envolver a remoção da fonte de risco, alteração da probabilidade ou das consequências. Executados a partir de medidas de controle de risco;
- **Risco Residual:** risco remanescente após a aplicação de medidas de controle para o tratamento do risco, podendo conter ainda riscos não identificados anteriormente;
- **Monitoramento:** verificação, supervisão, observação crítica ou identificação da situação, executadas de forma contínua, a fim de identificar mudanças no nível de desempenho requerido ou esperado. Podendo ser aplicado à estrutura da gestão de riscos, ao processo de gestão de riscos, diretamente ao risco ou ao seu controle;
- **Análise crítica:** atividade realizada para determinar a adequação, suficiência e eficácia do assunto em questão para atingir os objetivos estabelecidos.

1.2 Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE)

O extinto Ministério da Integração Nacional publicou a Instrução Normativa nº01, de 24 de agosto de 2012, a qual estabeleceu procedimentos e critérios relacionados à decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública nos entes federativos. Neste documento, em seu artigo 8º, o Ministério estabelece a adoção da Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), com o objetivo de padronizar a descrição de diversos cenários de desastres, sejam eles de origem natural ou tecnológicos. Os quadros **A.1.2-1** e **A.1.2-2** apresentam a descrição e a classificação de desastres de acordo com a COBRADE.

A Instrução Normativa adota a seguinte compreensão para os conceitos a seguir:

- **Desastre:** resultado de evento adverso, natural ou induzido pelo homem sobre um cenário vulnerável, causando grave perturbação ao funcionamento de uma comunidade ou sistema envolvendo extensivas perdas e danos humanos, materiais, econômicos ou ambientais, que excedem sua capacidade de lidar com o problema com meios próprios;
- **Dano:** Resultado das perdas humanas, materiais ou ambientais infligidas às pessoas, comunidades, instituições, instalações e aos ecossistemas, como consequência de um desastre;
- **Prejuízo:** Medida de perda relacionada com o valor econômico, social e patrimonial, de um determinado bem, em circunstâncias de desastre;
- **Recursos:** Conjunto de bens materiais, humanos, institucionais e financeiros utilizáveis em caso de desastre e necessários para o restabelecimento da normalidade;
- **Desastres naturais:** aqueles causados por processos ou fenômenos naturais que podem implicar em perdas humanas ou outros impactos à saúde, danos ao meio ambiente, à propriedade, interrupção dos serviços e distúrbios sociais e econômicos;
- **Desastres tecnológicos:** aqueles originados de condições tecnológicas ou industriais, incluindo acidentes, procedimentos perigosos, falhas na infraestrutura ou atividades humanas específicas, que podem implicar em perdas humanas ou outros impactos à saúde, danos ao meio ambiente, à propriedade, interrupção dos serviços e distúrbios sociais e econômicos.

Quadro A.1.2-1: Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) – Acidentes Naturais

	Grupo	Subgrupo	Tipo	Subtipo	Definição	COBRADE
1. NATURAIS	1. Geológico	1. Terremoto	1. Tremor de terra	0	Vibrações do terreno que provocam oscilações verticais e horizontais na superfície da Terra (ondas sísmicas). Pode ser natural (tectônica) ou induzido (explosões, injeção profunda de líquidos e gás, extração de fluidos, alívio de carga de minas, enchimento de lagos artificiais).	1.1.1.1.0
			2. Tsunami	0	Série de ondas geradas por deslocamento de um grande volume de água causado geralmente por terremotos, erupções vulcânicas ou movimentos de massa.	1.1.1.2.0
		2. Emissão vulcânica	0	0	Produtos/materiais vulcânicos lançados na atmosfera a partir de erupções vulcânicas.	1.1.2.0.0
		3. Movimento de massa	1. Quedas, tombamentos e rolamentos	1. Blocos	As quedas de blocos são movimentos rápidos e acontecem quando materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre. Os tombamentos de blocos são movimentos de massa em que ocorre rotação de um bloco de solo ou rocha em torno de um ponto ou abaixo do centro de gravidade da massa desprendida. Rolamentos de blocos são movimentos de blocos rochosos ao longo de encostas, que ocorrem geralmente pela perda de apoio (descalçamento).	1.1.3.1.1
				2. Lascas	As quedas de lascas são movimentos rápidos e acontecem quando fatias delgadas formadas pelos fragmentos de rochas se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre.	1.1.3.1.2
				3. Matacões	Os rolamentos de matacões são caracterizados por movimentos rápidos e acontecem quando materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas e movimentam-se num plano inclinado.	1.1.3.1.3
				4. Lajes	As quedas de lajes são movimentos rápidos e acontecem quando fragmentos de rochas extensas de superfície mais ou menos plana e de pouca espessura se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre.	1.1.3.1.4
			2. Deslizamentos	1. Deslizamentos de solo e/ou rocha	São movimentos rápidos de solo ou rocha, apresentando superfície de ruptura bem definida, de duração relativamente curta, de massas de terreno geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude. Frequentemente, os primeiros sinais desses movimentos são a presença de fissuras.	1.1.3.2.1
			3. Corridas de massa	1. Solo/Lama	Ocorrem quando, por índices pluviométricos excepcionais, o solo/lama, misturado com a água, tem comportamento de líquido viscoso, de extenso raio de ação e alto poder destrutivo.	1.1.3.3.1
				2. Rocha/ Detrito	Ocorrem quando, por índices pluviométricos excepcionais, rocha/detrito, misturado com a água, tem comportamento de líquido viscoso, de extenso raio de ação e alto poder destrutivo.	1.1.3.3.2
		4. Subsídências e colapsos	0	Afundamento rápido ou gradual do terreno devido ao colapso de cavidades, redução da porosidade do solo ou deformação de material argiloso.	1.1.3.4.0	

Quadro A.1.2-1: Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) – Acidentes Naturais

Grupo	Subgrupo	Tipo	Subtipo	Definição	COBRADE	
	4. Erosão	1. Erosão costeira/Marinha	0	Processo de desgaste (mecânico ou químico) que ocorre ao longo da linha da costa (rochosa ou praia) e se deve à ação das ondas, correntes marinhas e marés.	1.1.4.1.0	
		2. Erosão de margem fluvial	0	Desgaste das encostas dos rios que provoca desmoronamento de barrancos.	1.1.4.2.0	
		3. Erosão continental	1. Laminar	0	Remoção de uma camada delgada e uniforme do solo superficial provocada por fluxo hídrico	1.1.4.3.1
			2. Ravinas	0	Evolução, em tamanho e profundidade, da desagregação e remoção das partículas do solo de sulcos provocada por escoamento hídrico superficial concentrado.	1.1.4.3.2
	3. Boçorocas		0	Evolução do processo de ravinamento, em tamanho e profundidade, em que a desagregação e remoção das partículas do solo são provocadas por escoamento hídrico superficial e subsuperficial (escoamento freático) concentrado.	1.1.4.3.3	
	2. Hidrológico	1. Inundações	0	0	Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.	1.2.1.0.0
		2. Enxurradas	0	0	Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo.	1.2.2.0.0
		3. Alagamentos	0	0	Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.	1.2.3.0.0
	3. Meteorológicos	1. Sistemas de grande escala/Escala regional	1. Ciclones	1. Ventos costeiros (mobilidade de dunas)	Intensificação dos ventos nas regiões litorâneas, movimentando dunas de areia sobre construções na orla.	1.3.1.1.1
				2. Marés de tempestade (ressaca)	São ondas violentas que geram uma maior agitação do mar próximo à praia. Ocorrem quando rajadas fortes de vento fazem subir o nível do oceano em mar aberto e essa intensificação das correntes marítimas carrega uma enorme quantidade de água em direção ao litoral. Em consequência, as praias inundam, as ondas se tornam maiores e a orla pode ser devastada alagando ruas e destruindo edificações.	1.3.1.1.2
		2. Frentes frias/Zonas de convergência	0	0	Frente fria é uma massa de ar frio que avança sobre uma região, provocando queda brusca da temperatura local, com período de duração inferior à friagem. Zona de convergência é uma região que está ligada à tempestade causada por uma zona de baixa pressão atmosférica, provocando forte deslocamento de massas de ar, vendavais, chuvas intensas e até queda de granizo.	1.3.1.2.0

Quadro A.1.2-1: Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) – Acidentes Naturais

Grupo	Subgrupo	Tipo	Subtipo	Definição	COBRADE	
	2. Tempestades	1. Tempestade local/Convectiva	1. Tornados	Coluna de ar que gira de forma violenta e muito perigosa, estando em contato com a terra e a base de uma nuvem de grande desenvolvimento vertical. Essa coluna de ar pode percorrer vários quilômetros e deixa um rastro de destruição pelo caminho percorrido.	1.3.2.1.1	
			2. Tempestade de raios	Tempestade com intensa atividade elétrica no interior das nuvens, com grande desenvolvimento vertical.	1.3.2.1.2	
			3. Granizo	Precipitação de pedaços irregulares de gelo.	1.3.2.1.3	
			4. Chuvas intensas	São chuvas que ocorrem com acumulados significativos, causando múltiplos desastres (ex.: inundações, movimentos de massa, enxurradas, etc.).	1.3.2.1.4	
			5. Vendaval	Forte deslocamento de uma massa de ar em uma região.	1.3.2.1.5	
	3. Temperaturas extremas	1. Onda de calor	0	É um período prolongado de tempo excessivamente quente e desconfortável, onde as temperaturas ficam acima de um valor normal esperado para aquela região em determinado período do ano. Geralmente é adotado um período mínimo de três dias com temperaturas 5°C acima dos valores máximos médios.	1.3.3.1.0	
			2. Onda de frio	1. Friagem	Período de tempo que dura, no mínimo, de três a quatro dias, e os valores de temperatura mínima do ar ficam abaixo dos valores esperados para determinada região em um período do ano.	1.3.3.2.1
		2. Geadas		Formação de uma camada de cristais de gelo na superfície ou na folhagem exposta.	1.3.3.2.2	
	4. Climatológico	1. Seca	1. Estiagem	0	Período prolongado de baixa ou nenhuma pluviosidade, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição.	1.4.1.1.0
			2. Seca	0	A seca é uma estiagem prolongada, durante o período de tempo suficiente para que a falta de precipitação provoque grave desequilíbrio hidrológico.	1.4.1.2.0
		3. Incêndio florestal	1. Incêndios em parques, áreas de proteção ambiental e áreas de preservação permanente	Propagação de fogo sem controle, em qualquer tipo de vegetação situada em áreas legalmente protegidas.	1.4.1.3.1	
			2. Incêndios em áreas não protegidas, com reflexos na qualidade do ar	Propagação de fogo sem controle, em qualquer tipo de vegetação que não se encontre em áreas sob proteção legal, acarretando queda da qualidade do ar.		
		4. Baixa umidade do ar	0	Queda da taxa de vapor de água suspensa na atmosfera para níveis abaixo de 20%.	1.4.1.4.0	
		5. Biológico	1. Epidemias	1. Doenças infecciosas virais	0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por vírus.

Quadro A.1.2-1: Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) – Acidentes Naturais

	Grupo	Subgrupo	Tipo	Subtipo	Definição	COBRADE
			2. Doenças infecciosas bacterianas	0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por bactérias.	1.5.1.2.0
			3. Doenças infecciosas parasíticas	0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por parasitas.	1.5.1.3.0
			4. Doenças infecciosas fúngicas	0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por fungos.	1.5.1.4.0
		2. Infestações/ Pragas	1. Infestações de animais	0	Infestações por animais que alterem o equilíbrio ecológico de uma região, bacia hidrográfica ou bioma afetado por suas ações predatórias.	1.5.2.1.0
			2. Infestações de algas	1. Marés vermelhas	Aglomerção de microalgas em água doce ou em água salgada suficiente para causar alterações físicas, químicas ou biológicas em sua composição, caracterizada por uma mudança de cor, tornando-se amarela, laranja, vermelha ou marrom.	1.5.2.2.1
				2. Cianobactérias em reservatórios	Aglomerção de cianobactérias em reservatórios receptores de descargas de dejetos domésticos, industriais e/ou agrícolas, provocando alterações das propriedades físicas, químicas ou biológicas da água.	1.5.2.2.2
			3. Outras infestações	0	Infestações que alterem o equilíbrio ecológico de uma região, bacia hidrográfica ou bioma afetado por suas ações predatórias.	1.5.2.3.0

Quadro A.1.2-2: Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) – Acidentes Tecnológicos

	Grupo	Subgrupo	Tipo	Subtipo	Definição	COBRADE
2. TECNOLÓGICOS	1. Desastres relacionados a substâncias radioativas	1. Desastres siderais com riscos radioativos	1. Queda de satélite (radionuclídeos)	0	Queda de satélites que possuem, na sua composição, motores ou corpos radioativos, podendo ocasionar a liberação deste material.	2.1.1.1.0
		2. Desastres com substâncias e equipamentos radioativos de uso em pesquisas, indústrias e usinas nucleares	1. Fontes radioativas em processos de produção	0	Escapamento acidental de radiação que excede os níveis de segurança estabelecidos na norma NN 3.01/006:2011 da CNEN.	2.1.2.1.0
		3. Desastres relacionados com riscos de intensa poluição ambiental provocada por resíduos radioativos	1. Outras fontes de liberação de radionuclídeos para o meio ambiente	0	Escapamento acidental ou não acidental de radiação originária de fontes radioativas diversas e que excede os níveis de segurança estabelecidos na norma NN 3.01/006:2011 e NN 3.01/011:2011 da CNEN.	2.1.3.1.0
	2. Desastres relacionados a produtos perigosos	1. Desastres em plantas e distritos industriais, parques e armazenamentos com extravasamento de produtos perigosos	1. Liberação de produtos químicos para a atmosfera causada por explosão ou incêndio	0	Liberação de produtos químicos diversos para o ambiente, provocada por explosão/ incêndio em plantas industriais ou outros sítios.	2.2.1.1.0
		2. Desastres relacionados à contaminação da água	1. Liberação de produtos químicos nos sistemas de água potável	0	Derramamento de produtos químicos diversos em um sistema de abastecimento de água potável, que pode causar alterações nas qualidades físicas, químicas, biológicas.	2.2.2.1.0
			2. Derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial, marinho e aquífero	0	Derramamento de produtos químicos diversos em lagos, rios, mar e reservatórios subterrâneos de água, que pode causar alterações nas qualidades físicas, químicas e biológicas.	2.2.2.2.0
		3. Desastres relacionados a conflitos bélicos	1. Liberação de produtos químicos e contaminação como consequência de ações militares	0	Agente de natureza nuclear ou radiológica, química ou biológica, considerado como perigoso, e que pode ser utilizado intencionalmente por terroristas ou grupos militares em atentados ou em caso de guerra.	2.2.3.1.0
		4. Desastres relacionados a transporte	1. Transporte rodoviário	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal rodoviário.	2.2.4.1.0

Quadro A.1.2-2: Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) – Acidentes Tecnológicos

Grupo	Subgrupo	Tipo	Subtipo	Definição	COBRADE	
		2. Transporte ferroviário	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal ferroviário.	2.2.4.2.0	
		3. Transporte aéreo	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal aéreo.	2.2.4.3.0	
		4. Transporte dutoviário	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal dutoviário.	2.2.4.4.0	
		5. Transporte marítimo	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal marítimo.	2.2.4.5.0	
		6. Transporte aquaviário	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal aquaviário.	2.2.4.6.0	
	3. Desastres relacionados a incêndios urbanos	1. Incêndios urbanos	1. Incêndios em plantas e distritos industriais, parques e depósitos	0	Propagação descontrolada do fogo em plantas e distritos industriais, parques e depósitos.	2.3.1.1.0
			2. Incêndios em aglomerados residenciais	0	Propagação descontrolada do fogo em conjuntos habitacionais de grande densidade.	2.3.1.2.0
	4. Desastres relacionados a obras civis	1. Colapso de edificações	0	0	Queda de estrutura civil.	2.4.1.0.0
		2. Rompimento/ colapso de barragens	0	0	Rompimento ou colapso de barragens.	2.4.2.0.0
	5. Desastres relacionados a transporte de passageiros e cargas não perigosas	1. Transporte rodoviário	0	0	Acidente no modal rodoviário envolvendo o transporte de passageiros ou cargas não perigosas	2.5.1.0.0
2. Transporte ferroviário		0	0	Acidente com a participação direta de veículo ferroviário de transporte de passageiros ou cargas não perigosas.	2.5.2.0.0	
3. Transporte aéreo		0	0	Acidente no modal aéreo envolvendo o transporte de passageiros ou cargas não perigosas.	2.5.3.0.0	
4. Transporte marítimo		0	0	Acidente com embarcações marítimas destinadas ao transporte de passageiros e cargas não perigosas.	2.5.4.0.0	
5. Transporte aquaviário		0	0	Acidente com embarcações destinadas ao transporte de passageiros e cargas não perigosas.	2.5.5.0.0	

1.3 Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres

Segundo a proposta da UNISRD (2009), cenários de risco podem ser descritos a partir da combinação e interação entre três conceitos centrais, sendo eles Perigo, Vulnerabilidade e Exposição (**figura A.1.3-1**). Essa interação entre os três conceitos centrais é determinante para a caracterização do Risco e, conseqüentemente, para sua Gestão.



Figura A.1.3-1. Conceitos determinantes para a caracterização de um cenário de Risco. Adaptado de UN-SPIDER.

Além da definição resumida mais à frente no **Quadro A.1-1**, a proposta da UNISRD destaca e detalha os seguintes conceitos:

- **Perigo:** Processo, fenômeno ou atividade humana capaz de causar perdas de vidas ou outros impactos à saúde, danos materiais, sociais, econômicos ou ainda degradação ambiental. Os perigos identificados podem ser isolados, consecutivos ou combinados entre si na sua origem ou efeitos. Cada perigo é caracterizado com sua localização, intensidade ou magnitude, frequência e probabilidade de ocorrência.
- **Exposição:** Situação na qual pessoas, infraestrutura, habitação, capacidade produtiva ou outros ativos humanos tangíveis estão localizados em áreas propensas a algum perigo. O dimensionamento da exposição pode contemplar a quantificação do número de pessoas ou os tipos de ativos humanos em determinada área. Essas informações podem ser combinadas com a vulnerabilidade específica e a capacidade dos elementos expostos diante de um perigo definido, sendo possível estimar de maneira quantitativa os riscos associados àquele perigo em uma área determinada.
- **Vulnerabilidade:** Condição determinada pelo meio físico, social, econômico, fatores ambientais ou processos capazes de aumentar a suscetibilidade de um indivíduo, comunidade, bens materiais ou sistemas diante dos impactos de determinado perigo. Vulnerabilidade é um quesito multidimensional, podendo estar ainda associada a fatores institucionais e culturais, como por exemplo padrões construtivos de edificações, sistemas de proteção inadequados, ausência de informação e avisos. Contribuem para o aumento da vulnerabilidade situações como pobreza, educação insuficiente, despreparo, instituições com governança fraca.

- **Risco:** Probabilidade (ou medida da incerteza) da ocorrência de uma ameaça, delimitada no tempo e espaço e os danos que poderão ocorrer sobre um meio exposto. Situação com potencial para a perda de vidas, ferimentos, destruição ou danos a estruturas ou a um sistema social ou comunitário durante um determinado período de tempo, determinado probabilisticamente como sendo função do Perigo, Exposição, Vulnerabilidade e capacidade de resposta de um determinado local.
- **Gestão de Risco:** A Gestão de risco é definida como a aplicação de medidas voltadas para a prevenção de riscos existentes em um determinado local, para a prevenção do agravamento de situações de risco já identificadas, ou ainda surgimento de novos riscos. Gestão de riscos remanescentes, contribuindo para o fortalecimento da resiliência e a redução de perdas e danos. As ações de gestão podem ser voltadas para o manejo do risco potencial, ações de correção, ou ainda de compensação.

1.4 Glossário de termos adotados

Com o objetivo de padronizar e promover um melhor entendimento e sinergia para as atividades deste projeto, adotou-se a terminologia proposta pela UNISRD (2009), a qual é utilizada juntamente com a COBRADE para definição dos acidentes em análise. O glossário da terminologia adotada segue exposto no **Quadro A.1.4-1**.

Quadro A.1.4-1 – Terminologia referente à gestão de desastres. Fonte: UNISDR (2009).

TERMO	DEFINIÇÃO
Ameaça	Fenômeno ou processo natural ou antrópico com potencialidade de causar um dano.
Capacidade de resposta	Conjunto de ações ou meios que uma comunidade ou indivíduo possui para responder a um desastre.
Cenário de risco	Situação hipotética de ocorrência de acidentes ou desastres.
Dano	Medida da perda humana, material ou ambiental, física ou funcional, resultante da ação de uma ameaça sobre um meio exposto.
Desastre	Uma ruptura grave do funcionamento de uma comunidade ou uma sociedade envolvendo seres humanos, materiais, prejuízos econômicos ou ambientais e impactos, o que excede a capacidade da comunidade afetada de lidar com o problema através de seus próprios recursos.
Exposição	Medida da vulnerabilidade frente a uma ameaça.
Fatores	São as grandezas que quando associadas compõem as variáveis do risco: e.g. declividade, geologia e vegetação.
Gestão de risco	Processo social e político por meio do qual governo e sociedade buscam controlar os processos geradores de risco ou diminuir o risco existente com a intenção de fortalecer os processos de desenvolvimento sustentável e a segurança integral da população.
Mitigação	Conjunto de ações destinadas a áreas onde o risco encontra-se instalado e que podem ser minimizados através de intervenções estruturantes e de redução da vulnerabilidade, tornando-se espaços mais seguros para a ocupação.
Perigo	Condição na qual existe potencial de dano a ser causado por ameaça afetando o meio exposto.
Plano de informação	Neste trabalho, Plano de Informação (PI) é um grupo de dados que possui categorias com características relacionadas.

Quadro A.1.4-1 – Terminologia referente à gestão de desastres. Fonte: UNISDR (2009).

TERMO	DEFINIÇÃO
Preparação	Conjunto de ações desenvolvidas pela comunidade e pelas instituições governamentais e não governamentais, para minimizar os danos causados pelos desastres e otimizar as ações de resposta e de reconstrução.
Prevenção	Conjunto de ações direcionadas ao planejamento, monitoramento e controle da ocupação territorial e do uso do solo, evitando desse modo que venham a surgir situações de riscos.
Processo	Fenômeno natural ou antrópico caracterizado e delimitado no espaço e no tempo.
Recuperação	Conjunto de ações destinadas ao restabelecimento das condições de normalidade em uma área afetada por acidente ou desastre.
Resiliência	Capacidade de resistir, absorver e se recuperar de forma eficiente dos efeitos de um desastre.
Risco	Probabilidade (ou medida da incerteza) da ocorrência de uma ameaça, delimitada no tempo e espaço e os danos que poderão ocorrer sobre um meio exposto.
Suscetibilidade	Indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos delimitados no espaço e no tempo.
Variáveis do risco	Neste trabalho são as grandezas que compõem a análise de risco. <i>E.g.</i> perigo, dano, vulnerabilidade e etc.
Vulnerabilidade	Conjunto de fatores físicos, sociais, ambientais, econômicos e institucionais que condiciona a magnitude do dano sobre um determinado meio, exposto a uma determinada ameaça delimitada no espaço e no tempo. Corresponde à predisposição a sofrer danos ou perdas.

Complementarmente, considera-se para o presente trabalho a definição do termo Evento dada por Castro (2012), na qual o autor aborda especificamente o termo no contexto de risco, sendo “*Acontecimento. Em análise de risco, ocorrência externa ou interna ao sistema, envolvendo fenômeno da natureza, ato humano ou desempenho do equipamento, que causa distúrbio ao sistema*”.

A.2. GESTÃO DE RISCOS

Diferentes processos de gestão de riscos podem apresentar abordagens distintas, de acordo com a finalidade desejada e com os elementos que compõem um determinado cenário de risco alvo da gestão. De maneira geral, as propostas de gestão de risco avaliadas correlacionam variáveis semelhantes para a descrição de um cenário de risco. O **quadro A.2-1** apresenta resumidamente as diferentes abordagens de análise de risco.

Quadro A.2-1 – Resumo de bases conceituais e de variáveis nas análises de risco.

Proposta	Variável intrínseca	Variável de Resultado	Variável de Gestão	Equação
Política Nacional (Brasil, 2007)	Probabilidade de Ameaça	Consequência	Vulnerabilidade/ Gerenciamento	$R \sim P(A) \times C(V)/G$

Proposta	Variável intrínseca	Variável de Resultado	Variável de Gestão	Equação
ISDR ONU	Perigo	Exposição	Vulnerabilidade	$R = P \times E \times V$
ISO 31000	Fontes	Consequência	Controle	$R = F \times C \times C$

A gestão de riscos é composta pelo conjunto de procedimentos e estratégias utilizadas na aplicação de políticas de prevenção e redução de desastres. Tem por principais objetivos a redução de riscos existentes dentro de um sistema, execução do manejo dos riscos residuais e a prevenção do surgimento de novos cenários riscos, sendo responsável pelo fortalecimento de um sistema e de sua resiliência, além reduzir perdas materiais ou humanas. Assim, as ações desta gestão podem ser destinadas ao manejo do risco, ações de correção, ou ações de compensação (USIRD, 2009)

A utilização de um sistema de informações precisas e atualizadas se torna essencial para a viabilização de planos de contingenciamento, que por sua vez conduzem os esforços de resposta ao risco e seus danos, bem como as ações para a reabilitação de uma área afetada por estes. Com este objetivo, a utilização de mapas se torna uma ferramenta muito importante. Através de mapas e informações espaciais, pode-se compreender a extensão e o alcance de um evento, a área diretamente afetada, diferentes níveis de atingimento, podem ainda ser úteis em um sistema de avisos e alertas, além de orientar as ações de resposta, indicando rotas de fuga, vias de acesso, pontos de interesse estratégico, entre outras informações espaciais importantes em um cenário de desastre.

A eficiência e a eficácia da gestão de riscos dependem diretamente do nível de organização de um sistema diante dos seus riscos. De acordo com a Norma ISO 31000, a gestão deverá atender aos seguintes princípios:

a) A gestão de riscos cria e protege valor.

A gestão de riscos contribui para a realização demonstrável dos objetivos e para a melhoria do desempenho referente, por exemplo, à segurança e saúde das pessoas, à segurança, à conformidade legal e regulatória, à aceitação pública, à proteção do meio ambiente, à qualidade do produto, ao gerenciamento de projetos, à eficiência nas operações, à governança e à reputação.

b) A gestão de riscos é parte integrante de todos os processos organizacionais.

A gestão de riscos não é uma atividade autônoma separada das principais atividades e processos da organização. A gestão de riscos faz parte das responsabilidades da administração e é parte integrante de todos os processos organizacionais, incluindo o planejamento estratégico e todos os processos de gestão de projetos e gestão de mudanças.

c) A gestão de riscos é parte da tomada de decisões.

A gestão de riscos auxilia os tomadores de decisão a fazer escolhas conscientes, priorizar ações e distinguir entre formas alternativas de ação.

d) A gestão de riscos aborda explicitamente a incerteza.

A gestão de riscos explicitamente leva em consideração a incerteza, a natureza dessa incerteza, e como ela pode ser tratada.

e) A gestão de riscos é sistemática, estruturada e oportuna.

Uma abordagem sistemática, oportuna e estruturada para a gestão de riscos contribui para a eficiência e para os resultados consistentes, comparáveis e confiáveis.

f) A gestão de riscos baseia-se nas melhores informações disponíveis.

As entradas para o processo de gerenciar riscos são baseadas em fontes de informação, tais como dados históricos, experiências, retroalimentação das partes interessadas, observações, previsões, e opiniões de especialistas. Entretanto, convém que os tomadores de decisão se informem e levem em consideração quaisquer limitações dos dados ou modelagem utilizados, ou a possibilidade de divergências entre especialistas.

g) A gestão de riscos é feita sob medida.

A gestão de riscos está alinhada com o contexto interno e externo da organização e com o perfil do risco.

h) A gestão de riscos considera fatores humanos e culturais.

A gestão de riscos reconhece as capacidades, percepções e intenções do pessoal interno e externo que podem facilitar ou dificultar a realização dos objetivos da organização.

i) A gestão de riscos é transparente e inclusiva.

O envolvimento apropriado e oportuno de partes interessadas e, em particular, dos tomadores de decisão em todos os níveis da organização assegura que a gestão de riscos permaneça pertinente e atualizada. O envolvimento também permite que as partes interessadas sejam devidamente representadas e terem suas opiniões levadas em consideração na determinação dos critérios de risco.

j) A gestão de riscos é dinâmica, iterativa e capaz de reagir a mudanças.

A gestão de riscos continuamente percebe e reage às mudanças. Na medida em que acontecem eventos externos e internos, o contexto e o conhecimento modificam-se, o monitoramento e a análise crítica de riscos são realizados, novos riscos surgem, alguns se modificam e outros desaparecem.

k) A gestão de riscos facilita a melhoria contínua da organização.

Convém que as organizações desenvolvam e implementem estratégias para melhorar a sua maturidade na gestão de riscos juntamente com todos os demais aspectos da sua organização.

Esta Norma é destinada a atender às necessidades de uma ampla gama de partes interessadas, incluindo:

k.1) os responsáveis pelo desenvolvimento da política de gestão de riscos no âmbito de suas organizações;

k.2) os responsáveis por assegurar que os riscos são eficazmente gerenciados na organização como um todo ou em uma área, atividade ou projeto específicos;

k.3) os que precisam avaliar a eficácia de uma organização em gerenciar riscos; e

k.4) desenvolvedores de normas, guias, procedimentos e códigos de práticas que, no todo ou em parte, estabelecem como o risco deve ser gerenciado dentro do contexto específico desses documentos.

2.1 Eixos de Gestão de Risco

As atuais práticas e processos de gestão de muitas organizações incluem componentes de gestão de riscos, e muitas organizações já adotaram um processo formal de gestão de riscos

para determinados tipos de risco ou circunstâncias. Nesses casos, uma organização pode decidir conduzir uma análise crítica de suas práticas e processos existentes, tomando como base Normas gerais pré-existentes.

Existem múltiplas concepções e conceitos sobre gestão de risco. No entanto, as modernas concepções, especificamente de gestão de riscos de desastres, sugerem a adoção de quatro eixos (ou diretrizes) (Bongiovanni *et al*, 2015), os quais são detalhados no **Quadro A.2.1-1**:

Quadro A.2.1-1. Eixos e subeixos de gestão de riscos de desastres.

EIXOS DE GESTÃO	SUBEIXOS
1. CONHECIMENTO DO RISCO	Identificação e caracterização do risco
	Análise do risco
	Monitoramento do risco
	Comunicação do risco
2. MANEJO (REDUÇÃO) DO RISCO	Intervenção corretiva ou mitigação dos riscos
	Intervenção prospectiva ou antecipação aos riscos
	Proteção financeira ou transferência dos riscos
3. MANEJO DO DESASTRE	Preparação e execução da resposta
	Preparação e execução da recuperação
4. ARRANJO INSTITUCIONAL-LEGAL	Articulação intersetorial (público, privado e sociedade civil)
	Suporte legal

O **Eixo 1** refere-se ao **conhecimento do risco**, processo indispensável para a tomada de decisões e priorização das ações públicas, compreende diferentes atividades (subeixos): identificação, avaliação e mapeamento das suscetibilidades, das vulnerabilidades e dos riscos pelo monitoramento permanente das condicionantes de risco, como também, o contínuo acompanhamento das previsões de evolução de cenário, além da comunicação do risco e capacitação continuada dos integrantes do sistema.

O **Eixo 2** aborda o processo de **redução do risco**, também chamado de **manejo do risco** para reforçar a ideia de que o risco pode ser administrado, onde são consideradas as intervenções em situações de riscos já instaladas (medidas mitigatórias ou de correção dos riscos), como obras emergenciais, remoções preventivas de elementos expostos a riscos e ações voltadas à implementação de mecanismos de suporte legal das medidas (Normas Técnicas e Legais). Neste eixo de gestão consideram-se, também, as intervenções destinadas a evitar a instalação de novas situações de risco (medidas prospectivas ou de antecipação aos riscos). Ainda no Eixo 2, a redução de risco prevê medidas para a criação de instrumentos financeiros como fundos (medidas de proteção financeira) e de seguros contra desastres (medidas de transferência dos riscos), para garantir recursos para as emergências e para a recuperação pós-desastres.

O **Eixo 3 (manejo do desastre)** é o processo da gestão integrada que compreende: planejamento e preparação das ações emergenciais de resposta e execução das ações emergenciais de resposta. A preparação e a resposta devem ser sempre tratadas como uma única atividade, e devem corresponder ao planejamento, à concepção e organização das ações, com distribuição das responsabilidades e disponibilização dos recursos necessários, baseados sempre em um Plano de Contingência previa e extensivamente apresentado e

assimilado por todos os atores envolvidos, medidas que melhorem continuamente a qualidade da resposta no enfrentamento de desastres.

A fase da resposta propriamente dita compreende as atividades de socorro, assistência às populações atingidas e de reabilitação (medidas mais urgentes de restabelecimento das condições mínimas de funcionamento da comunidade que sofreu o desastre). E a fase de recuperação após o desastre, que inclui a reconstrução (restauração e melhoria, de instalações, meios e condições de vida das comunidades afetadas), se refere ao conjunto de medidas que visam à reconstrução de infraestrutura, recuperação do meio ambiente, da economia e melhoria da qualidade de vida da comunidade atingida por desastre, e que tem como foco evitar a instalação de novas situações de risco.

O **Eixo 4 (arranjo institucional-legal)** é destinado à necessidade de construção de um arranjo institucional-legal adequado para a formulação e implementação da gestão dos riscos e que garanta a transversalidade das ações num sistema intersetorial e que dê legitimidade a elas. A complexidade do desafio de produzir e implementar uma política de gestão de riscos de desastres implica na necessidade de executar ações diversificadas envolvendo diferentes setores de diferentes áreas do conhecimento, com diferentes atribuições, diferentes interesses e recursos. Ou seja, é preciso construir a intersectorialidade da gestão e, para isso, deve-se arquitetar uma estrutura organizacional interinstitucional e legal capaz de sustentar e viabilizar o processo de formulação e implementação de políticas voltadas à gestão integrada de riscos e desastres. Paralelamente, é imprescindível a construção de um arcabouço legal, compatível com as leis e normas técnicas vigentes, que dê suporte e segurança jurídica às medidas de gestão. Desta forma o **Eixo 4** deve incluir uma série de medidas que garantam a “**governança dos riscos**”.

Os quatro eixos acima mencionados devem ser entendidos de forma sistêmica, dinâmica e continuada, de modo que cada eixo interage com os demais (**Figura A.2.1-1**). Recomenda-se a adoção desses eixos de gestão, que inclusive refletem as quatro prioridades para o período 2015-2030 estabelecidas em junho de 2015 pelo Marco de Ação de Sendai aprovado na 3ª Conferência Mundial de Redução de Riscos de Desastres organizada pela ONU em Sendai-Japão (UNISDR, 2015), como pode ser observado no **Quadro A2.1-2**.

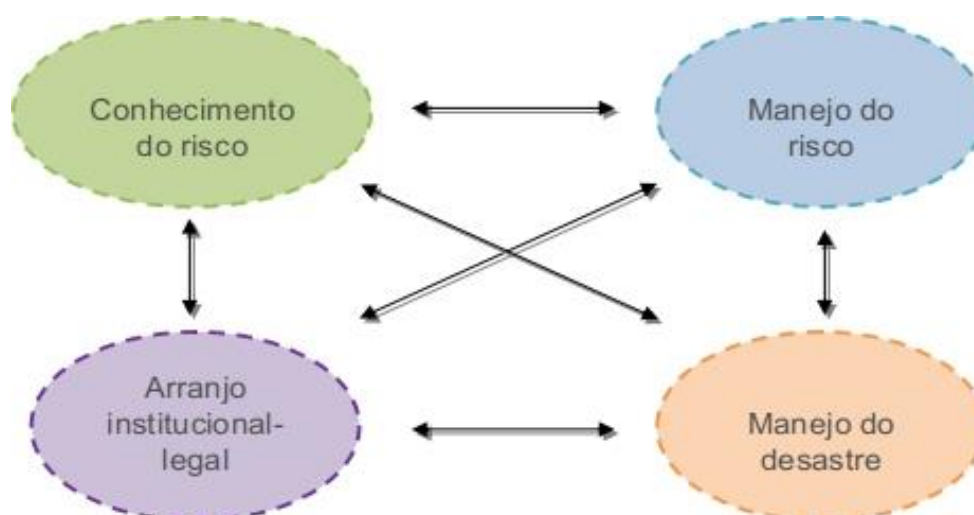


Figura A.2.1-1. Fluxograma exemplificando a interação entre os 4 Eixos da gestão de risco de desastres.

Quadro A.2.1-2. O Marco de Sendai e os eixos de gestão do risco.

As 4 prioridades de Sendai	Os 4 eixos de gestão
1ª Compreensão do risco de desastres.	1º Conhecimento do risco
2ª Fortalecimento da governança para a gestão eficaz do risco de desastres.	4º Arranjo institucional-legal
3ª Investir na redução do risco de desastres para a resiliência.	2º Redução do risco
4ª Melhorar a preparação para desastres a fim de proporcionar uma resposta eficaz e para “Reconstruir Melhor” nas ações de recuperação, reabilitação e reconstrução.	3º Manejo do desastre

ANEXO DIGITAL 1 – INVENTÁRIO COMPLETO DE EVENTOS IDENTIFICADOS NA BACIA

ANEXO DIGITAL 2 – INFORMAÇÕES DOS FORMULÁRIOS PREENCHIDOS DE APOIO À IDENTIFICAÇÃO DE EVENTOS NA BACIA.