

PRODUTO 3 - Análise de Eventos Críticos e Probabilidade de Ocorrência

NATUREZA DO TRABALHO

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

INTERESSADO

AGEVAP

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

CONTRATO

6911.0000958.19.2

CÓDIGO

2058-R03-21

REVISÃO

01

LOCAL E DATA

São Paulo, 26/07/2021

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	12
2.	METODOLOGIA DE TRABALHO	14
3.	RESUMO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA ETAPA 2	16
4.	ANÁLISE DOS EVENTOS CRÍTICOS DE ESTIAGENS PROLONGADAS	17
4.1	Monitor de Secas na Região Estudada	18
4.2	Precipitações Médias Anuais	19
4.3	Classificação Quanto aos Riscos de Secas Prolongadas Pelas Vazões Registradas	35
4.4	Grandes Reservatórios e Transposições de Vazões na Bacia e Impacto na Análise dos Riscos de Estiagens	49
5.	ANÁLISE DOS EVENTOS CRÍTICOS DE CHEIAS	51
5.1	Precipitações Máximas e Médias Anuais no Impacto dos Eventos de Cheias	52
5.2	Classificação Quanto ao Riscos de Cheias Pelas Vazões e Precipitações Registradas	67
6.	ANÁLISE DOS EVENTOS CRÍTICOS DE MOVIMENTOS DE MASSA	79
6.1	Base de dados	80
6.2	Seleção de eventos críticos	88
6.3	Suscetibilidade e movimentos de massa	89
6.3.1	Suscetibilidade aos processos de Escorregamento	92
6.3.2	Suscetibilidade às Corridas de Massa	95
6.4	Probabilidade de Movimentos de Massa	98
6.4.1	Escorregamentos generalizados	99
6.4.2	Corridas de massa	100
6.4.3	Mapas de Probabilidade de Movimentos de Massa	101
7.	ANÁLISE DOS EVENTOS CRÍTICOS DE INTRUSÃO SALINA	106
7.1.	Suscetibilidade a Intrusão Salina na Baixada Campista	109
7.2.	Influência da salinidade em pontos de captação	114
8.	ANÁLISE DOS EVENTOS CRÍTICOS DE CONTAMINAÇÃO POR POLUENTES	119
8.1	Identificação dos desastres para a análise	123
8.1.1	Análise binária de ocorrência por COBRADE	136
8.1.2	Trechos de curso d'água com elementos em exposição	139
8.2	Derramamento de produtos químicos em recursos hídricos (COBRADE 2.2.2.2.0)	145
8.2.1	Base de dados coletados para COBRADE 2.2.2.2.0	145
8.2.2	Empreendimentos sujeitos a ocorrências COBRADE 2.2.2.2.0	146
8.2.3	Probabilidade de contaminação por poluentes químicos – COBRADE 2.2.2.2.0	149

8.3	Derramamento de produtos químicos transportados por Rodovias em recursos hídricos (COBRADE 2.2.4.1.0)	154
8.3.1	Base de dados coletados para COBRADE 2.2.4.1.0	154
8.3.2	Empreendimentos sujeitos a ocorrências COBRADE 2.2.4.1.0	156
8.3.3	Probabilidade de derramamento de produtos químicos transportados por rodovias em recursos hídricos (COBRADE 2.2.4.1.0)	159
8.4	Derramamento de produtos químicos transportados por Ferrovias em recursos hídricos (COBRADE 2.2.4.2.0)	164
8.4.1	Base de dados coletados para COBRADE 2.2.4.2.0	164
8.4.2	Empreendimentos sujeitos a ocorrências COBRADE 2.2.4.2.0	165
8.4.3	Probabilidade de derramamento de produtos químicos transportados por ferrovias em recursos hídricos (COBRADE 2.2.4.2.0)	167
8.5	Derramamento de produtos químicos transportados por Dutos em recursos hídricos (COBRADE 2.2.4.4.0)	171
8.5.1	Base de dados coletados para COBRADE 2.2.4.4.0	171
8.5.2	Empreendimentos sujeitos a ocorrências COBRADE 2.2.4.4.0	172
8.5.3	Probabilidade de derramamento de produtos químicos transportados por dutos em recursos hídricos (COBRADE 2.2.4.4.0)	174
8.6	Incêndios em plantas e distritos industriais, parques e depósitos (COBRADE 2.3.1.1.0)	178
8.6.1	Base de dados coletados para COBRADE 2.3.1.1.0	178
8.6.2	Empreendimentos sujeitos a ocorrências para COBRADE 2.3.1.1.0	181
8.6.3	Probabilidade de incêndios em plantas e distritos industriais, parques e depósitos (COBRADE 2.3.1.1.0)	183
8.6.4	Probabilidade global de acidentes tecnológicos envolvendo produtos perigosos	186
9	ANÁLISE DOS EVENTOS CRÍTICOS POR ROMPIMENTO OU COLAPSO DE BARRAGENS (COBRADE 2.4.2.0.0)	191
9.1	Base de dados coletados para COBRADE 2.4.2.0.0	192
9.2	Empreendimentos sujeitos a ocorrências para COBRADE 2.4.2.0.0	192
9.3	Rompimento ou colapso de barragens (COBRADE 2.4.2.0.0)	197
9.4	Rompimento ou colapso de barragens em cascata (COBRADE 2.4.2.0.0)	201
10	CLASSIFICAÇÃO DE PROBABILIDADE DE EVENTOS CRÍTICOS	206
11	REUNIÃO DE DISCUSSÃO COM A GTPGR	219
12	CONSIDERAÇÕES FINAIS E DIRETRIZES PARA O PRODUTO 4	220
13	EQUIPE TÉCNICA	221
14	REFERÊNCIAS	221
15	ANEXOS	226

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 4.1 – Estações Pluviométricas Analisadas, isoietas de precipitação média anual e <i>SP_{lanual}</i>	21
Figura 4.2 – Curva de porcentagem de ocorrência de valores médios anuais de precipitação sobre a bacia do rio Paraíba do Sul.....	35
Figura 4.3 – Distribuição das estações fluviométricas utilizadas na análise de seca e cheia.	37
Figura 4.4 – Série de valores de $Q_{95\%}$ anuais na estação fluviométrica 58630002 (ANTA). Linha azul $Q_{95\%}$ histórica.	39
Figura 4.5 – Distribuição das probabilidades de estiagem.....	48
Figura 4.6 – Aproveitamentos de Abastecimento, Energia e Transposições de Bacias no Rio Paraíba.	50
Figura 5.1 – Estações Pluviométricas Analisadas, isoietas de precipitação média anual e <i>SP_{máxima}</i>	53
Figura 5.2 – Série de dias por ano que registrou vazões superiores a Tr 2 anos na estação fluviométrica 58630002 (ANTA). Linha vermelha = tendência	69
Figura 5.3 – Distribuição das probabilidades de cheia.....	78
Figura 6.1 – Mapa de isoietas de precipitação média anual e de ocorrências de movimentos de massa registradas no inventário.....	87
Figura 6.2 – Relação de municípios com mapeamentos de suscetibilidade CPRM e IPT, e municípios com mapeamentos de suscetibilidade elaborada neste produto.....	91
Figura 6.3 – Classificação de suscetibilidade a partir da reamostragem dos setores para as Ottobacias.....	94
Figura 6.4 – Mapa de suscetibilidade a corridas de massa.	97
Figura 6.5 – Mapa de probabilidade de ocorrência de escorregamentos generalizados na bacia do Rio Paraíba do Sul	102
Figura 6.6 – Mapa de probabilidade de ocorrência de corridas de massa na bacia do Rio Paraíba do Sul.....	104
Figura 7.1 – Ilustração do fenômeno de intrusão salina	106
Figura 7.2 – Área de ocorrência de intrusão salina no Rio Paraíba do Sul: Estuário de Atafona e Praia de Gargaú.....	107
Figura 7.3 – Foz do Rio Paraíba do Sul, em São João da Barra, fechada devido à deposição de sedimentos.....	108
Figura 7.4 – Mapa de modelagem do avanço da cunha salina para cenários atual típico, atual extremo, 50 anos típico e 50 anos extremo	111

Figura 7.5 – Mapa de suscetibilidade de intrusão salina em ottobacias nível 6 da bacia do Rio Paraíba do Sul	113
Figura 7.6 – Finalidades de usos da água de outorgas de captação estaduais e federais possivelmente afetadas por ZIC - Quadratura no Rio Paraíba do Sul, localizadas em São João da Barra – RJ e São Francisco de Itabapoana.	115
Figura 7.7 – Finalidades de usos da água de outorgas de captação estaduais e federais possivelmente afetadas por ZIC - Sizígia no Rio Paraíba do Sul, localizadas Campos dos Goytacazes.	115
Figura 7.8 – Mapa de probabilidade de ocorrência de intrusão salina na bacia do rio Paraíba do Sul.....	118
Figura 8.1 – Mapa dos empreendimentos de médio e grande porte, emissores de risco ativo, na bacia do Rio Paraíba do Sul.....	129
Figura 8.2 – Categorias de empreendimentos analisados na bacia.....	130
Figura 8.3 – Finalidades de barramentos em geral analisados na bacia.	130
Figura 8.4 – Tipos de empreendimentos relativos à produção de energia.....	131
Figura 8.5 – Divisão das barragens de geração de energia hidrelétrica por porte.	131
Figura 8.6 – Tipos de indústrias analisadas na área.....	132
Figura 8.7 – Finalidade das indústrias alimentícias analisadas na área.....	132
Figura 8.8 – Tipos de indústrias químicas analisadas na área.....	133
Figura 8.9 – Tipos de atividades mineradoras existentes na área.	133
Figura 8.10 – Tipos de lavras existentes na área.	134
Figura 8.11 – Número de outorgas presentes nos Estados de Minas Gerais e São Paulo que não entraram na análise de probabilidade.....	136
Figura 8.12 – Número de barragens presentes nos Estados de Minas Gerais e São Paulo que não entraram na análise de probabilidade.....	136
Figura 8.13 – Empreendimentos com risco ativo de derramamento de produtos químicos diversos em corpos hídricos (classificação 2.2.2.2.0).	137
Figura 8.14 – Empreendimentos com risco ativo de propagação descontrolada do fogo (classificação 2.3.1.1.0).....	138
Figura 8.15 – Empreendimentos com risco ativo de rompimento ou colapso de barragens (classificação 2.4.2.0.0).....	138
Figura 8.16 – Localização dos pontos de captação outorgados na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.	141
Figura 8.17 – Captações outorgadas por CBH na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. ..	142
Figura 8.18 – Finalidades de captações outorgadas na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.	143
Figura 8.19 – Localização dos empreendimentos associados ao COBRADE 2.2.2.2.0.....	147
Figura 8.20 – Mapa de probabilidade de ocorrência de derramamento de produtos químicos na bacia do rio Paraíba do Sul.	151

Figura 8.21 – Gráfico de probabilidade de ocorrência de derramamento de produtos químicos na bacia do rio Paraíba do Sul.	152
Figura 8.22 – Distribuição das ocorrências do COBRADE 2.2.4.1.0 nos Estados de Minas Gerais e São Paulo.....	155
Figura 8.23 – Distribuição das ocorrências do COBRADE 2.2.4.1.0 por rodovias.	156
Figura 8.24 – Distribuição das ocorrências do COBRADE 2.2.4.1.0 por municípios.....	156
Figura 8.25 – Localização dos pontos críticos associados ao COBRADE 2.2.4.1.0.	158
Figura 8.26 – Probabilidade de ocorrência de derramamento de produtos químicos transportados por rodovias na bacia do rio Paraíba do Sul.....	161
Figura 8.27 – Gráfico das probabilidades de ocorrência de derramamento de produtos químicos transportados por rodovias na bacia do Rio Paraíba do Sul.	162
Figura 8.28 – Localização dos pontos críticos associados ao COBRADE 2.2.4.2.0.	166
Figura 8.29 – Quantidade de cruzamentos ferroviária x hidrografia.....	167
Figura 8.30 – Mapa de probabilidade de ocorrência de derramamento de produtos químicos transportados por ferrovias na bacia do rio Paraíba do Sul.	169
Figura 8.31 – Gráfico das probabilidades de ocorrência de derramamento de produtos químicos transportados por ferrovias na bacia do rio Paraíba do Sul.	170
Figura 8.32 – Localização dos pontos críticos associados ao COBRADE 2.2.4.4.0.	173
Figura 8.33 – Quantidade de cruzamentos dutovia x hidrografia.	174
Figura 8.34 – Mapa de probabilidade de ocorrência de derramamento de produtos químicos transportados por dutos na bacia do rio Paraíba do Sul.	176
Figura 8.35 – Gráfico das probabilidades de ocorrência de derramamento de produtos químicos transportados por dutos na bacia do rio Paraíba do Sul.	177
Figura 8.36 – Registros de incêndios e explosões (Banco de dados EM-DAT 2015-2019) em função da população de cada país analisado.....	180
Figura 8.37 – Correlação entre população (em milhões) e eventos do tipo COBRADE 2.3.1.1.0.	181
Figura 8.38 – Localização dos empreendimentos associados ao COBRADE 2.3.1.1.0.....	182
Figura 8.39 – Mapa de probabilidade de ocorrência de incêndios em empreendimentos na bacia do Rio Paraíba do Sul.	185
Figura 8.40 – Gráfico de probabilidade de ocorrência de incêndios em empreendimentos na bacia do Rio Paraíba do Sul.	186
Figura 8.41 – Mapa de probabilidade de ocorrência de acidentes com contaminação por poluentes na bacia do Rio Paraíba do Sul.....	188
Figura 8.42 – Gráfico de probabilidade de ocorrência de acidentes com contaminação por poluentes na bacia do Rio Paraíba do Sul.....	189
Figura 9.1 – Mapa das cavas de areia localizadas na bacia do rio Paraíba do Sul.....	194
Figura 9.2 – Mapa das barragens de produção de energia instaladas na bacia do Rio Paraíba do Sul.....	195

Figura 9.3 – Mapa da categoria de barramentos em geral localizados na bacia do Rio Paraíba do Sul.....	196
Figura 9.4 – Mapa de probabilidade de ocorrência de rompimento ou colapso individual de barragens na bacia do Rio Paraíba do Sul.....	200
Figura 9.5 – Ilustração da alteração de probabilidade em cenário de rompimento em cascata.....	203
Figura 9.6 – Mapa de probabilidade de ocorrência de rompimento ou colapso de barragens em cascata na bacia do Rio Paraíba do Sul.....	204

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Matriz 5 x 5 de Classificação do Risco de Probabilidade de ocorrência de um evento x Impacto ou Dano para classificação do Risco em cada unidade de análise	15
Quadro 4.1 – Estágios de seca, ou categorias, as quais definem a intensidade de seca no mapa do Monitor	18
Quadro 4.2 – Resultados do Monitor de Secas para os Comitê de Bacias Hidrográficas do rio Paraíba do Sul.	19
Quadro 4.3 – Classificação Relativa de Precipitação Média Anual em relação ao valor médio da bacia.	20
Quadro 4.4 – Estações Pluviométricas Analisadas para a Bacia do rio Paraíba do Sul (Fonte: SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – Portal HidroWeb), com <i>SP</i> <i>lanual</i> e Classificação quanto à pluviosidade média na Bacia por CBH.	22
Quadro 4.5 – Probabilidade de ocorrência (P) da estiagem em função do índice <i>Dias no Ano</i> < <i>Q95%</i>	38
Quadro 4.6 – Estações Fluviométricas analisadas para estiagem prolongada na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.	41
Quadro 5.1 – Classificação Relativa de Precipitação Tr 2 anos em relação ao valor médio Tr 2 anos da bacia.....	52
Quadro 5.2 – Estações Pluviométricas Analisadas para a Bacia do rio Paraíba do Sul (Fonte: SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – Portal HidroWeb), com <i>SP</i> <i>Imáxima</i> e Classificação quanto à pluviosidade média na Bacia por CBH.	54
Quadro 5.3 – Probabilidade de ocorrência (P) de cheia em função do índice <i>Dias no Ano</i> ≥ <i>Tr 2 anos</i>	67
Quadro 5.4 – Estações Fluviométricas analisadas para eventos de cheias na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.....	70
Quadro 6.1 – Adaptação da tabela COBRADE para a codificação de eventos associados a movimentos gravitacionais de massa	79
Quadro 6.2 – Resumo dos eventos de movimentos gravitacionais de massa registrados na Bacia	83
Quadro 6.3 – Determinação da Suscetibilidade de Escorregamento	92
Quadro 6.4 – Matriz de probabilidade de ocorrência de escorregamentos generalizados em função da suscetibilidade e do tempo de recorrência de um evento chuvoso.....	99
Quadro 6.5 – Matriz de probabilidade de ocorrência de Corrida de Massa em função da suscetibilidade e do tempo de recorrência de um evento chuvoso	101
Quadro 7.1 – Matriz de probabilidade de ocorrência de intrusão salina em função da suscetibilidade e da probabilidade de estiagens prolongadas	116
Quadro 8.1 – Desastres tecnológicos analisados nesta etapa de acordo com a classificação COBRADE	120
Quadro 8.2 – Descrição das Categorias, Atividades e Finalidade dos empreendimentos em análise.....	125

Quadro 8.3 – Resumo dos Empreendimentos sujeitos à ocorrências de lançamento e vazamento de produtos perigosos em corpos hídricos (COBRADE 2.2.2.2.0).....	148
Quadro 8.4 – Probabilidade de ocorrência de desastres como derramamento de.....	149
Quadro 8.5 – Valores atribuídos às classes de probabilidade de ocorrência do COBRADE 2.2.2.2.0.....	150
Quadro 8.6 – Probabilidade de ocorrência de desastres do tipo COBRADE 2.2.4.1.0.	159
Quadro 8.7 – Valores atribuídos às classes de probabilidade de ocorrência do COBRADE 2.2.4.1.0.	160
Quadro 8.8 – Probabilidade de ocorrência de desastres do tipo COBRADE 2.2.4.2.0.	168
Quadro 8.9 – Valores atribuídos às classes de probabilidade de ocorrência do COBRADE 2.2.4.2.0.....	168
Quadro 8.10 – Probabilidade de ocorrência de desastres do tipo COBRADE 2.2.4.4.0.....	175
Quadro 8.11 – Valores atribuídos às classes de probabilidade de ocorrência do COBRADE 2.2.4.4.0.....	175
Quadro 8.12 – Resumo dos registros de incêndios e explosões (Banco de dados EM-DAT 2015-2019) para os países selecionados.	179
Quadro 8.13 – Resumo dos Empreendimentos sujeitos à ocorrências de propagação de fogo a partir de explosões e incêndios (COBRADE 2.3.1.1.0).....	183
Quadro 8.14 – Probabilidade de ocorrência de desastres do tipo COBRADE 2.3.1.1.0.....	184
Quadro 8.15 – Valores atribuídos às classes de probabilidade de ocorrência do COBRADE 2.3.1.1.0.....	184
Quadro 8.16 – Resumo das probabilidades de eventos relacionados à contaminação de corpos hídricos.	187
Quadro 8.17 – Valores atribuídos às classes de probabilidade de ocorrência global de acidentes com produtos perigosos e potencialmente poluentes.	187
Quadro 9.1 – Resumo dos Empreendimentos sujeitos à rompimento e colapso de barragens (COBRADE 2.4.2.0.0)	193
Quadro 9.2 – Relação de tipos de barramentos, chuva TR e probabilidade de ruptura ou colapso.	199
Quadro 10.1 – Modelo de classificação de probabilidade de ocorrência de eventos.	206
Quadro 10.2 – Síntese das probabilidades de acidentes naturais, por % de ottobacias, para o CBH Baixo Paraíba do Sul	207
Quadro 10.3 – Síntese das probabilidades de acidentes tecnológicos, por % de ottobacias, para o CBH Baixo Paraíba do Sul.	208
Quadro 10.4 – Síntese das probabilidades de acidentes naturais, por % de ottobacias, para o CBH do Rio Dois Rios	208
Quadro 10.5 – Síntese das probabilidades de acidentes tecnológicos, por % de ottobacias, para o CBH Rio Dois Rios	209
Quadro 10.6 – Síntese das probabilidades de acidentes naturais, por % de ottobacias, para o CBH do Rio Piabanha	210

Quadro 10.7 – Síntese das probabilidades de acidentes tecnológicos, por % de ottobacias, para o CBH do Rio Piabanha	210
Quadro 10.8 – Síntese das probabilidades de acidentes naturais, por % de ottobacias, para UP Sub-bacia do Rio Pirai.....	211
Quadro 10.9 – Síntese das probabilidades de acidentes tecnológicos, por % de ottobacias, para UP Sub-bacia do Rio Pirai.....	212
Quadro 10.10 – Síntese das probabilidades de acidentes naturais, por % de ottobacias, para o CBH Médio Paraíba do Sul	213
Quadro 10.11 – Síntese das probabilidades de acidentes tecnológicos, por % de ottobacias, para o CBH Médio Paraíba do Sul.....	213
Quadro 10.12 – Síntese das probabilidades de acidentes naturais, por % de ottobacias, para o CBH dos afluentes mineiros dos rios Pomba e Muriaé	214
Quadro 10.13 – Síntese das probabilidades de acidentes tecnológicos, por % de ottobacias, para o CBH dos afluentes mineiros dos rios Pomba e Muriaé	215
Quadro 10.14 – Síntese das probabilidades de acidentes naturais, por % de ottobacias, para o CBH dos afluentes mineiros dos rios Preto e Paraibuna	216
Quadro 10.15 – Síntese das probabilidades de acidentes tecnológicos, por % de ottobacias, para o CBH dos afluentes mineiros dos rios Preto e Paraibuna.	216
Quadro 10.16 – Síntese das probabilidades de acidentes naturais, por % de ottobacias, para o CBH do Paraíba do Sul.	217
Quadro 10.17 – Síntese das probabilidades de acidentes tecnológicos, por % de ottobacias, para o CBH do Paraíba do Sul	218

LISTA DE SIGLAS

AGEVAP – Associação Pró-Gestão das Águas do Rio Paraíba do Sul
ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CBH – Comitê de Bacia Hidrográfica
CEDAE – Companhia Estadual de Água e Esgoto
CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CGH – Central Geradora Hidrelétrica
COBRADE – Codificação Brasileira de Desastres
CPRM – Serviço Geológico do Brasil
CSN – Companhia Siderúrgica Nacional
DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica
eMARS – *Major Accident Reporting System*
FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente
GTPGR – Grupo de Trabalho para Acompanhamento da Elaboração do Plano de Gerenciamento de Risco da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.
INEA – Instituto Estadual do Ambiente
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
LGE – Líquido Gerador de Espuma
NKLac – Nippon Koei Lac do Brasil
PAEs – Planos de Ações Emergenciais
PCH – Pequenas Centrais Hidrelétricas
PGR – Plano de Gerenciamento de Risco
PIRH-PS – Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul
PSB – Plano de Segurança de Barragens
REINDESC – Registro de Inundações e Deslizamentos do CEMADEN
REGEA – Geologia, Engenharia e Estudos Ambientais Ltda
SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
S2ID – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres
SIEMEC – Sistema de intervenções estruturais para mitigação dos efeitos de cheias nas bacias dos rios Muriaé e Pomba
SIG – Sistema de Informação Geográfica
SisBaHiA – Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental
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

TR – Tempo de retorno

UHE – Usina Hidrelétrica

ZIC – Zona de inversão de correntes

ZM – Zona de mistura

ZNA – Zona de oscilação de níveis de água

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Este documento técnico consiste no terceiro 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 relacionados 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. E o segundo produto apresentou os resultados dos estudos desenvolvidos de levantamento de dados e análise de interface com ferramentas e procedimentos existentes.

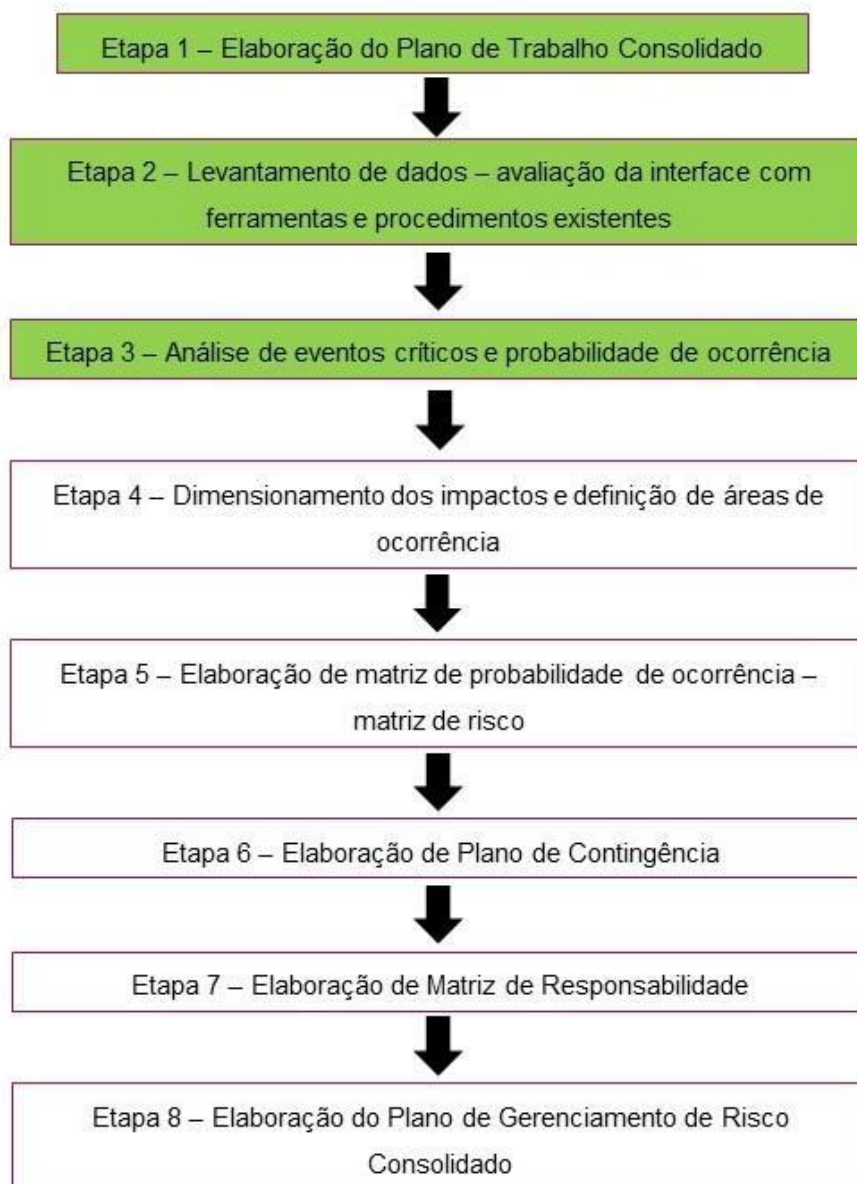


Figura 1.1 – Fluxo de Atividades Previstas para Execução.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

De uma forma geral, o presente produto foi dividido em 14 capítulos, incluindo este de introdução e o próximo, que apresenta a metodologia geral utilizada para o desenvolvimento da presente etapa de estudo. Em seguida, apresenta-se um breve resumo das atividades desenvolvidas e dispostas no produto anterior. Os capítulos seguintes, do quarto ao décimo, apresentam as análises realizadas resultando nas probabilidades de ocorrência dos eventos críticos que podem causar impactos nos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Na sequência, o décimo primeiro capítulo apresenta os principais destaques

da reunião realizada junto ao GTPGR, seguindo com as considerações finais, referências e anexos.

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

Para o desenvolvimento dos estudos de análise de riscos, é fundamental rerepresentar o referencial teórico utilizado no presente estudo, que baseia-se nos conceitos de Evento, Probabilidade, Impacto, Vulnerabilidade, Mitigação e Contingência, como indicado na Figura 2.1.

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 Evento ou (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, na etapa anterior de estudos, foi realizado um levantamento extensivo de dados, estudos, sistemas e informações de órgãos responsáveis e ligados à bacia, obtendo uma relação bastante completa de eventos ocorridos tanto em termos de acidentes naturais quanto tecnológicos ocorridos nos municípios da bacia. Esses eventos foram classificados de acordo com a COBRADE – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres, Instrução Normativa nº 01, de 24/08/2012 do Ministério da Integração Nacional e foram espacializados em formato SIG – Sistema de Informações Geográficas, indicando a sua localização de ocorrência.

De acordo com os conceitos relacionados à análise de riscos, trabalha-se com a consideração de que Risco = Probabilidade x Impacto, como já exposto no plano de trabalho deste estudo. Nesse sentido, é rerepresentado o Quadro 2.1 que mostra a matriz 5x5 adotada no presente estudo e que promove a classificação de risco para cada tipologia de evento e unidade de análise.

Quadro 2.1 – Matriz 5 x 5 de Classificação do Risco de Probabilidade de ocorrência de um evento x Impacto ou Dano para classificação do Risco em cada unidade de análise

Risco = Probabilidade x Impacto		Probabilidade (P)				
		1- Muito Baixa	2- Baixa	3- Média	4- Alta	5- Muito Alta
Impacto (I)	5- Catastrófico	Risco Moderado	Risco Alto	Risco Muito Alto	Risco Muito Alto	Risco Muito Alto
	4- Grande	Risco Moderado	Risco Alto	Risco Alto	Risco Muito Alto	Risco Muito Alto
	3- Moderado	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Alto	Risco Alto	Risco Muito Alto
	2- Pequeno	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Moderado	Risco Alto	Risco Alto
	1- Insignificante	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Moderado

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

A partir da matriz exposta acima, verifica-se que a classificação de riscos depende da estimativa das probabilidades de ocorrência de cada evento, mas também do nível de impacto previsto para cada um deles. Nesse sentido, como já exposto anteriormente, este produto trata da análise de probabilidades de ocorrência dos eventos e, dessa forma, para cada tipologia de evento possível na bacia com impacto nos recursos hídricos, terá a classificação de probabilidade de ocorrência em cinco níveis:

1. Muito Baixa;
2. Baixa;
3. Média;
4. Alta;
5. Muito Alta.

Este documento foi estruturado de forma que cada um dos capítulos seguintes irá apresentar o resultado das análises de probabilidades para cada tipologia de evento. Assim, a bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul será classificada para cada tipologia de evento entre os cinco níveis acima. Vale destacar que há situações em que a probabilidade é nula, sendo exposta essa situação quando da análise de cada evento. Como exemplo, cita-se o caso do evento de intrusão salina que é limitado à região costeira, não tendo possibilidade de ocorrer nas porções mais altas da bacia. Assim, não caberia utilizar a classe “muito baixa”, uma vez que nesse caso não há a probabilidade de ocorrer.

Dessa forma, a metodologia geral do trabalho foi aplicada por meio da classificação de cada evento entre os cinco níveis em questão e, de forma complementar, cada capítulo seguinte

apresentará a metodologia específica para cada evento e, em seguida, mostrará os resultados obtidos para toda a bacia.

Nesse sentido, os resultados a serem apresentados para cada tipo de evento mostrarão de forma espacializada a bacia do Rio Paraíba do Sul e a distribuição de probabilidades de ocorrência em sua superfície. Posteriormente, no produto seguinte serão feitas as análises de impactos, também distribuindo espacialmente ao longo da bacia. Essas análises serão integradas no produto cinco.

3. RESUMO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA ETAPA 2

A etapa anterior de trabalho (Levantamento de dados – avaliação da interface com ferramentas e procedimentos existentes) tratou, inicialmente, de um levantamento extensivo, avaliação das informações e sua sistematização. Dessa forma, considera todos os estudos desenvolvidos e que têm alguma relação ou podem dar subsídio para a execução do estudo, bem como a identificação de todos os tipos de eventos.

De uma forma geral, a segunda etapa do trabalho constou, inicialmente, com as atividades de levantamento de dados, estudos, sistemas e informações relevantes ao trabalho. Além disso, foi realizado um extenso inventário e análise de eventos e acidentes ocorridos na bacia, envolvendo:

- Estiagens Prolongadas;
- Cheias;
- Movimentos de Massa;
 - Corrida de Massa;
 - Deslizamentos;
- Contaminação por Poluentes;
 - Eventos causados por empreendimento industrial ou por descarte e disposição de resíduos e efluentes;
 - Eventos relacionados a transporte em polidutos;
 - Eventos relacionados a empreendimentos de transportes rodoferroviários;
- Rompimento de Barragens;

- Barragens de Aproveitamentos Hidráulicos;
- Barragens de Rejeito;
- Intrusão Salina;

Em sequência, foi feita uma análise de experiências similares de outras bacias, considerando as mesmas tipologias de eventos e incluindo busca de Planos de Gerenciamento de Riscos em outras bacias ou áreas do conhecimento, no Brasil ou no exterior.

Por fim, foi apresentado de forma espacial e tabular o cadastro e caracterização dos eventos identificados, com a base de dados sistematizada no apêndice do documento.

4. ANÁLISE DOS EVENTOS CRÍTICOS DE ESTIAGENS PROLONGADAS

O Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (PIRH-PS), na consolidação do Diagnóstico e Prognóstico de novembro de 2018, salienta o impacto do período de estiagem prolongada, ocorrida nos anos de 2014 e 2015, na disponibilidade hídrica:

A observação geral dos resultados obtidos a partir das duas séries históricas de dados indica que ocorre uma redução média na disponibilidade de, aproximadamente, 12% para a $Q_{95\%}$ e de 14% para a $Q_{7,10}$ quando o período 2014 e 2015 é considerado.

Sendo desta forma, para o prognóstico dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, considera-se mais apropriada e será utilizada a série atualizada, até 2017.

Portanto, torna-se fundamental a análise dos eventos críticos de estiagens, que podem impactar de forma relevante os usos da água na bacia. Para a análise dos eventos críticos de estiagem, foram utilizadas três abordagens: (a) análise dos eventos registrados no Monitor de Secas da Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico – ANA; (b) variação das precipitações médias anuais na bacia do rio Paraíba do Sul e, por último; (c) análise quantitativa da estiagem pelas séries de vazões históricas registradas nas diversas regiões hidrográficas, procurando abranger a crise hídrica de 2014 e 2015, estendida até 2019, quando possível, empregando a vazão de referência da bacia $Q_{95\%}$ como limite de avaliação da estiagem. Nesse sentido, vazões inferiores a $Q_{95\%}$ foram classificadas como estiagem.

4.1 Monitor de Secas na Região Estudada

Em 2014, o Monitor de Secas iniciou suas atividades na Região Nordeste do país. Desde 2018, com a metodologia e rotina operacional consolidadas, entendendo que todas as regiões do país são afetadas em maior ou menor grau por eventos de seca e constatando que o Monitor se tornou referência para o desenvolvimento e adoção de políticas públicas de combate à seca no Nordeste, a ANA avançou para Sudeste em 2019 e continua em expansão. Atualmente, o Monitor de Seca apresenta resultados também para o Centro-Oeste e o Sul do Brasil, ficando fora apenas a região Norte do país. O monitor classifica a seca em intensidade e duração conforme explica o Quadro 4.1, a saber:

Quadro 4.1 – Estágios de seca, ou categorias, as quais definem a intensidade de seca no mapa do Monitor

Categoria	Percentil	Descrição	Impactos Possíveis
S0	30 %til	Seca Fraca	Entrando em seca: veranico de curto prazo diminuindo plantio, crescimento de culturas ou pastagem. Saindo de seca: alguns déficits hídricos prolongados, pastagens ou culturas não completamente recuperadas.
S1	20 %til	Seca Moderada	Alguns danos às culturas, pastagens; córregos, reservatórios ou poços com níveis baixos, algumas faltas de água em desenvolvimento ou iminentes; restrições voluntárias de uso de água solicitadas.
S2	10 %til	Seca Grave	Perdas de cultura ou pastagens prováveis; escassez de água comuns; restrições de água impostas.
S3	5 %til	Seca Extrema	Grandes perdas de culturas / pastagem; escassez de água generalizada ou restrições
S4	2 %til	Seca Excepcional	Perdas de cultura / pastagem excepcionais e generalizadas; escassez de água nos reservatórios, córregos e poços de água, criando situações de emergência.

Fonte: Adaptado do National Drought Mitigation Center, Lincoln, Nebraska, U.S.) e ANA (<http://monitordesecas.ana.gov.br/tabela-de-classificacao> acesso 20/07/2021).

Quanto ao impacto, o Monitor de Secas adota:

- C = Seca de Curto Prazo, normalmente atuando por 4 meses ou menos (ex. agricultura);
- L = Seca de Longo Prazo, normalmente atuando por mais de 12 meses (ex. hidrológico e ecológico).

Na região em estudo, os registros iniciam com a porção da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul em Minas Gerais em 2019, expandindo depois para os estados do Rio de Janeiro e São Paulo. O Quadro 4.2 mostra os resultados distribuídos pelos Comitês de Bacias Hidrográficas. Vale comentar que foram adotados valores mais críticos de classificação de

seca verificados nas referidas sub-bacias dos comitês. Têm regiões que os impactos podem ser Curtos (C) ou Longos (L) em duração, conforme indica os mapas do Monitor de Secas (ANA).

Quadro 4.2 – Resultados do Monitor de Secas para os Comitê de Bacias Hidrográficas do rio Paraíba do Sul.

Período	Região Hidrográfica do PIRH							
	CBH do Paraíba do Sul	CBH do rio Pirai	CBH Médio Paraíba do Sul	CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna	CBH do Rio Piabanha	CBH do Rio Dois Rios	CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé	CBH Baixo Paraíba do Sul
junho-19	Si	Si	Si	Si	Si	Si	S0 - CL	Si
julho-19	Si	Si	Si	S0 - C	Si	Si	S0 - CL	Si
agosto-19	Si	Si	Si	S0 - C	Si	Si	S0 - CL	Si
setembro-19	Si	Si	Si	S0 - C	Si	Si	S1 - CL	Si
outubro-19	Si	Si	Si	S0 - C	Si	Si	S1 - CL	Si
novembro-19	Si	Si	Si	S1 - CL	Si	Si	S1 - CL	Si
dezembro-19	Si	Si	Si	S0 - CL	Si	Si	S1 - CL	Si
junho-20	Si	S0 - C	S0 - C	Si	S0 - C	Si	S0 - C	Si
julho-20	Si	S0 - C	S0 - C	S0 - C	S0 - C	S0 - C	S0 - C	S0 - C
agosto-20	Si	S0 - C	S0 - C	S0 - C	S1-C	S1-C	S1-C	S1-C
setembro-20	Si	S0 - C	S0 - C	S0 - C	S1-C	S1-C	S1-C	S1-C
outubro-20	Si	S0 - C	S0 - C	S0 - C	S1-C	S1-C	S1-C	S1-C
novembro-20	S1-C	S0 - C	S0 - C	S0 - C	S1-C	S1-C	S1-C	S1-C
dezembro-20	S0-C	Si	Si	Si	S0-C	S0-C	S0-C	Si
janeiro-21	S0-C	S0-C	Si	Si	Si	S0-C	S0-C	S0-C
fevereiro-21	S0-C	S0-C	Si	Si	Si	Si	Si	Si
março-21	S0-C	S0-C	S0-C	Si	S0-C	Si	Si	Si
abril-21	S0-C	S0-C	S0-C	S0-C	S0-C	Si	Si	Si
maio-21	S1-CL	S1-CL	S1-CL	S0-C	S0-C	S0-C	S0-C	S0-C
junho-21	S1-CL	S1-CL	S1-CL	S1-CL	S0-C	S0-C	S0-C	S0-C

Si: sem informação. C = Seca de Curto Prazo, normalmente atuando por 4 meses ou menos (ex. agricultura); L = Seca de Longo Prazo, normalmente atuando por mais de 12 meses (ex. hidrológico e ecológico).

De maneira geral, na bacia do rio Paraíba do Sul observa-se valores de secas fracas a moderadas, em quase todo ano, mesmo em época úmida de verão. Esse resultado já aponta indicativos de frequência alta de eventos de secas. Com a análise das variáveis hidrológicas nos próximos itens, aprofundar-se-á as análises.

4.2 Precipitações Médias Anuais

A análise das precipitações médias anuais fornece a caracterização de regiões com maiores índices pluviométricos relativos na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e seus respectivos volumes associados potenciais de escoamento.

Foram selecionadas estações pluviométricas disponíveis no SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – Portal HidroWeb) com registros superiores a 30 anos completos, conforme ilustra a Figura 4.1 e o Quadro 4.4.

A Figura 4.1 indica a posição das 166 estações pluviométricas analisadas com valores de precipitações médias anuais e ainda compara com as isoietas médias anuais definidas até

2007 pela CRPM (Serviço Geológico Brasileiro). Verifica-se não houve alterações das grandezas médias anuais com a inclusão de novos registros pós 2007. É bastante claro a influência regional do relevo na distribuição espacial da chuva, bem como a umidade oriunda do oceano. Na calha principal do rio Paraíba do Sul observa-se os menores índices pluviométricos da bacia.

Com o intuito de avaliar a distribuição espacial da precipitação, empregou o parâmetro SPI_{anual} que relaciona as precipitações médias anuais com o valor médio da bacia. Foram empregadas estações pluviométricas externas a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, visto que permitem caracterizar regiões nos limites dos divisores de águas.

$$SPI_{anual} = \frac{(\overline{P_{i_{anual}}} - \overline{P_{anual}})}{\sigma_{anual}}$$

Em que:

- $\overline{P_{i_{anual}}}$ é a precipitação média anual da estação pluviométrica analisada;
- $\overline{P_{anual}}$ é a precipitação média anual da bacia do rio Paraíba do Sul;
- σ_{anual} é o desvio padrão das precipitações médias anuais das estações pluviométricas analisadas.

Foram atribuídos os seguintes graus de índices pluviométricos relativos à grandeza média na bacia, ver Quadro 4.3.

Quadro 4.3 – Classificação Relativa de Precipitação Média Anual em relação ao valor médio da bacia.

SPI_{anual}	Precipitação Média Anual em relação ao valor médio da bacia
$SPI_{anual} \leq -1$	Muito Baixa
$-1 < SPI_{anual} \leq -0,5$	Baixa
$-0,5 < SPI_{anual} \leq 0,5$	Média
$0,5 < SPI_{anual} \leq 1$	Alta
$SPI_{anual} > 1$	Muito Alta

Fonte: elaboração própria.

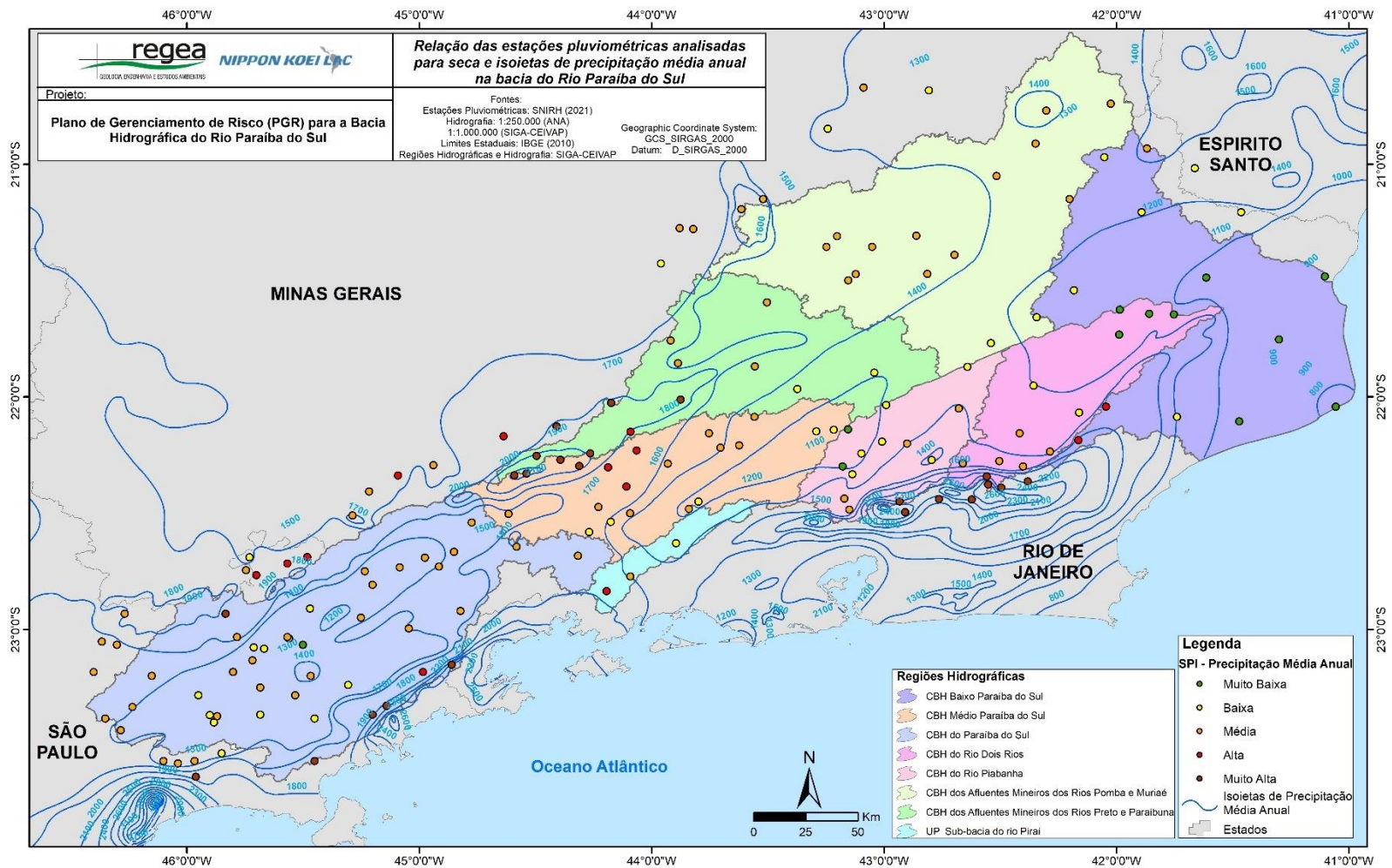


Figura 4.1 – Estações Pluviométricas Analisadas, isoietas de precipitação média anual e SPI_{anual} .

Quadro 4.4 – Estações Pluviométricas Analisadas para a Bacia do rio Paraíba do Sul (Fonte: SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – Portal HidroWeb), com SPI_{anual} e Classificação quanto à pluviosidade média na Bacia por CBH.

Código/Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Média Anual (mm)	SPI_{anual} Precipitação Média Anual	Grandeza Relativa de Precipitação Média Anual na Bacia
CBH do Paraíba do Sul												
2244001	QUELUZ	QUELUZ	SÃO PAULO	-22,54	-44,77	500	1943	2021	59	1.390,50	-0,21	Média
2244007	SILVEIRAS	SILVEIRAS	SÃO PAULO	-22,67	-44,85	620	1969	2019	32	1.539,29	0,22	Média
2244010	FAZENDA SANTA CLARA (EX BOCAINA)	CACHOEIRA PAULISTA	SÃO PAULO	-22,69	-44,98	550	1935	2020	69	1.392,01	-0,21	Média
2244048	CAMPOS DE CUNHA	CUNHA	SÃO PAULO	-22,92	-44,82	750	1967	2021	40	1.404,81	-0,17	Média
2244068	ITANHANDU	ITANHANDU	MINAS GERAIS	-22,29	-44,94	886	1966	2021	44	1.348,56	-0,33	Média
2244100	SÃO JOSÉ DO BARREIRO	SÃO JOSÉ DO BARREIRO	SÃO PAULO	-22,64	-44,58	520	1965	2016	32	1.613,96	0,43	Média
2244124	USINA BOCAINA	CACHOEIRA PAULISTA	SÃO PAULO	-22,73	-44,92	550	1928	2016	64	1.547,98	0,24	Média
2244133	BANANAL	BANANAL	SÃO PAULO	-22,68	-44,32	460	1937	2016	71	1.373,03	-0,26	Média
2245010	FAZENDA DA GUARDA (PARQUE)	CAMPOS DO JORDÃO	SÃO PAULO	-22,69	-45,48	1501	1941	2021	58	1.722,44	0,75	Alta
2245011	SÃO BENTO DO SAPUCAÍ	SÃO BENTO DO SAPUCAÍ	SÃO PAULO	-22,69	-45,73	895	1941	2021	60	1.157,07	-0,89	Baixa
2245018	VILA CAPIVARI	CAMPOS DO JORDÃO	SÃO PAULO	-22,72	-45,57	1600	1936	2020	64	1.700,35	0,68	Alta
2245020	LORENA	LORENA	SÃO PAULO	-22,73	-45,08	540	1957	2020	55	1.305,76	-0,46	Média

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Média Anual (mm)	SPI_{anual} Precipitação Média Anual	Grandeza Relativa de Precipitação Média Anual na Bacia
2245024	FAZENDA CAPITUVA	GUARATINGU ETÁ	SÃO PAULO	-22,75	-45,23	550	1957	2014	44	1.431,57	-0,09	Média
2245029	ZÉ DA ROSA	SANTO ANTÔNIO DO PINHAL	SÃO PAULO	-22,77	-45,70	980	1943	2020	69	1.761,84	0,86	Alta
2245032	UHE FUNIL GUARATINGU ETÁ	GUARATINGU ETÁ	SÃO PAULO	-22,81	-45,20	558	1930	2013	63	1.377,70	-0,25	Média
2245048	PINDAMONHA NGABA	PINDAMONHA NGABA	SÃO PAULO	-22,91	-45,47	524	1932	2020	72	1.221,50	-0,70	Baixa
2245053	BONFIM	APARECIDA	SÃO PAULO	-22,95	-45,25	690	1957	2011	48	1.319,98	-0,42	Média
2245054	MONTEIRO LOBATO	MONTEIRO LOBATO	SÃO PAULO	-22,93	-45,83	680	1939	2020	70	1.862,64	1,15	Muito Alta
2245055	ESTRADA DO CUNHA	CUNHA	SÃO PAULO	-23,00	-45,04	790	1935	2020	66	1.412,24	-0,15	Média
2245064	DELFINO MOREIRA	DELFINO MOREIRA	MINAS GERAIS	-22,51	-45,29	1350	1941	2021	39	1.319,59	-0,42	Média
2245080	VIRGÍNIA	VIRGÍNIA	MINAS GERAIS	-22,34	-45,09	930	1941	2019	60	1.755,32	0,84	Alta
2245087	BAIRRO SANTA CRUZ	DELFINO MOREIRA	MINAS GERAIS	-22,41	-45,22	1083	1967	2021	35	1.533,17	0,20	Média
2245104	SAPUCAÍ- MIRIM	SAPUCAÍ- MIRIM	MINAS GERAIS	-22,75	-45,74	None	1975	2021	31	1.494,61	0,09	Média
2246090	JOANÓPOLIS	JOANÓPOLIS	SÃO PAULO	-22,93	-46,27	920	1952	2019	57	1.507,60	0,13	Média
2344009	ALTO S. DO MAR - B. MATO LIMPO	CUNHA	SÃO PAULO	-23,15	-44,86	1239	1967	2020	44	2.031,91	1,64	Muito Alta
2344012	BAIRRO PARAIBUNA	CUNHA	SÃO PAULO	-23,18	-44,98	1120	1969	2018	40	1.746,40	0,81	Alta

CONSÓRCIO NIPPON KOEI / REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Média Anual (mm)	SPI_{anual} Precipitação Média Anual	Grandeza Relativa de Precipitação Média Anual na Bacia
2345001	TAUBATÉ	TAUBATÉ	SÃO PAULO	-23,03	-45,57	610	1963	2012	42	1.386,14	-0,23	Média
2345004	PEDREGULHO	CAÇAPAVA	SÃO PAULO	-23,03	-45,78	580	1969	2012	37	1.588,32	0,36	Média
2345008	CERÂMICA QUIRINO	CAÇAPAVA	SÃO PAULO	-23,08	-45,67	580	1945	2020	55	1.201,14	-0,76	Baixa
2345012	SAPÉ	CAÇAPAVA	SÃO PAULO	-23,13	-45,72	620	1942	2020	68	1.306,28	-0,46	Média
2345022	JAMBEIRO	JAMBEIRO	SÃO PAULO	-23,25	-45,68	700	1943	2012	40	1.326,23	-0,40	Média
2345023	REDENÇÃO DA SERRA	REDENÇÃO DA SERRA	SÃO PAULO	-23,28	-45,53	740	1953	2020	59	1.306,71	-0,45	Média
2345024	JACAREÍ	JACAREÍ	SÃO PAULO	-23,28	-45,95	570	1942	2019	53	1.212,86	-0,73	Baixa
2345032	NATIVIDADE DA SERRA	NATIVIDADE DA SERRA	SÃO PAULO	-23,38	-45,45	720	1940	2020	69	1.243,59	-0,64	Baixa
2345034	ALFERES	PARAIBUNA	SÃO PAULO	-23,37	-45,68	670	1943	2020	54	1.215,47	-0,72	Baixa
2345037	SANTA BRANCA	SANTA BRANCA	SÃO PAULO	-23,40	-45,88	670	1942	2018	56	1.246,94	-0,63	Baixa
2345047	SALESÓPOLIS	SALESÓPOLIS	SÃO PAULO	-23,53	-45,85	770	1927	2020	82	1.235,08	-0,66	Baixa
2345049	PONTE NOVA	SALESÓPOLIS	SÃO PAULO	-23,57	-45,97	800	1967	2020	47	1.359,17	-0,30	Média
2345062	TAUBATÉ	TAUBATÉ	SÃO PAULO	-23,04	-45,56	586	1937	2021	72	1.291,59	-0,50	Média
2345063	CAÇAPAVA	CAÇAPAVA	SÃO PAULO	-23,08	-45,71	545	1929	2021	71	1.258,74	-0,59	Baixa
2345065	SÃO LUÍS DO PARAITINGA	SÃO LUÍS DO PARAITINGA	SÃO PAULO	-23,24	-45,31	760	1935	2020	69	1.223,10	-0,70	Baixa

CONSÓRCIO NIPPON KOEI / REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Média Anual (mm)	SPI_{anual} Precipitação Média Anual	Grandeza Relativa de Precipitação Média Anual na Bacia
2345067	PONTE ALTA 1	SÃO LUÍS DO PARAITINGA	SÃO PAULO	-23,33	-45,14	888	1936	2021	72	1.986,69	1,51	Muito Alta
2345071	SANTA BRANCA	SANTA BRANCA	SÃO PAULO	-23,37	-45,90	573	1952	2021	50	1.252,83	-0,61	Baixa
2345076	CASA GRANDE	BIRITIBA-MIRIM	SÃO PAULO	-23,63	-45,96	820	1944	2020	62	1.839,89	1,08	Muito Alta
2345106	UHE SANTA BRANCA BARRAMENTO	JACAREÍ	SÃO PAULO	-23,37	-45,87	599	1955	2012	50	1.349,07	-0,33	Média
2345159	FAZENDA SÃO JOÃO	TAUBATÉ	SÃO PAULO	-23,20	-45,47	660	1954	2015	53	1.429,62	-0,10	Média
2345161	REMÉDIOS	TAUBATÉ	SÃO PAULO	-23,07	-45,50	600	1957	2020	45	1.072,05	-1,13	Muito Baixa
2345164	PARARANGABA	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SÃO PAULO	-23,18	-45,80	570	1960	2020	52	1.298,89	-0,48	Média
2345175	BRIET	SÃO LUÍS DO PARAITINGA	SÃO PAULO	-23,37	-45,20	815	1972	2014	40	2.004,90	1,56	Muito Alta
2345176	ALTO DA SERRA	NATIVIDADE DA SERRA	SÃO PAULO	-23,57	-45,45	760	1972	2020	37	2.289,27	2,38	Muito Alta
2346010	NAZARÉ PAULISTA	NAZARÉ PAULISTA	SÃO PAULO	-23,18	-46,40	790	1946	2020	70	1.400,94	-0,18	Média
2346019	SANTA ISABEL	SANTA ISABEL	SÃO PAULO	-23,33	-46,23	690	1937	2020	61	1.362,11	-0,29	Média
2346025	BAIRRO FAZENDA VELHA	ARUJÁ	SÃO PAULO	-23,38	-46,35	760	1937	2019	51	1.518,37	0,16	Média
2346029	FAZENDA SÃO BENTO	ARUJÁ	SÃO PAULO	-23,43	-46,28	690	1961	2020	50	1.359,27	-0,30	Média
2346048	CAPIXINGA	MOGI DAS CRUZES	SÃO PAULO	-23,57	-46,10	750	1958	2011	36	1.367,24	-0,28	Média

CONSÓRCIO NIPPON KOEI / REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Média Anual (mm)	SPI_{anual} Precipitação Média Anual	Grandeza Relativa de Precipitação Média Anual na Bacia
2346094	PIRACAIA	PIRACAIA	SÃO PAULO	-23,05	-46,37	790	1942	2020	62	1.357,78	-0,31	Média
2346101	BIRITIBA MIRIM	BIRITIBA-MIRIM	SÃO PAULO	-23,58	-46,04	760	1943	2020	68	1.320,79	-0,41	Média
2346334	CRIoulos	PIRACAIA	SÃO PAULO	-23,07	-46,30	900	1970	2020	37	1.574,89	0,32	Média
2346344	IGARATA	IGARATA	SÃO PAULO	-23,20	-46,15	780	1972	2020	40	1.462,11	-0,01	Média
CBH do rio Pirai												
2243216	UEL VIGÁRIO DESCARGA D'ÁGUA	PIRAÍ	RIO DE JANEIRO	-22,63	-43,90	401	1949	2015	39	1.271,54	-0,56	Baixa
2244097	UHE FONTES NOVA DESVIO VARZEA	RIO CLARO	RIO DE JANEIRO	-22,77	-44,09	498	1915	2012	86	1.617,40	0,44	Média
2244099	UHE NILO PEÇANHA LÍDICE	RIO CLARO	RIO DE JANEIRO	-22,84	-44,19	588	1951	2012	43	1.711,97	0,72	Alta
CBH Médio Paraíba do Sul												
2243002	BARRA DO PIRAÍ	BARRA DO PIRAÍ	RIO DE JANEIRO	-22,45	-43,80	350	1943	2020	53	1.218,64	-0,71	Baixa
2243003	PARAÍBA DO SUL	PARAÍBA DO SUL	RIO DE JANEIRO	-22,15	-43,29	300	1939	2021	72	1.171,68	-0,84	Baixa
2243004	CONSERVATO RIA	VALENÇA	RIO DE JANEIRO	-22,29	-43,93	550	1945	2021	61	1.563,49	0,29	Média
2243005	VALENÇA	VALENÇA	RIO DE JANEIRO	-22,22	-43,70	549	1944	2021	63	1.315,41	-0,43	Média
2243006	PENTAGNA	VALENÇA	RIO DE JANEIRO	-22,16	-43,75	497	1944	2020	61	1.498,23	0,10	Média

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Média Anual (mm)	SPI_{anual} Precipitação Média Anual	Grandeza Relativa de Precipitação Média Anual na Bacia
2243007	TABOAS	RIO DAS FLORES	RIO DE JANEIRO	-22,21	-43,62	444	1941	2020	64	1.450,78	-0,04	Média
2243008	MANUEL DUARTE	RIO DAS FLORES	RIO DE JANEIRO	-22,09	-43,56	396	1942	2021	63	1.293,20	-0,49	Média
2243205	UEL SANTA CECÍLIA BARRAMENTO	BARRA DO PIRAI	RIO DE JANEIRO	-22,48	-43,84	356	1920	2012	78	1.321,43	-0,41	Média
2243206	UHE ILHA DOS POMBOS TRÊS RIOS	TRÊS RIOS	RIO DE JANEIRO	-22,14	-43,22	679	1946	2012	43	1.197,43	-0,77	Baixa
2244030	NHANGAPI	RESENDE	RIO DE JANEIRO	-22,50	-44,62	440	1956	2020	47	1.341,56	-0,35	Média
2244033	SANTA ISABEL DO RIO PRETO	VALENÇA	RIO DE JANEIRO	-22,23	-44,06	544	1942	2021	66	1.683,12	0,63	Alta
2244034	RIBEIRÃO DE SÃO JOAQUIM	BARRA MANSA	RIO DE JANEIRO	-22,30	-44,19	620	1942	2021	66	1.809,18	1,00	Alta
2244037	FUMAÇA	RESENDE	RIO DE JANEIRO	-22,30	-44,31	720	1947	2021	61	2.041,01	1,66	Muito Alta
2244038	PONTE DO SOUZA	RESENDE	RIO DE JANEIRO	-22,27	-44,39	950	1939	2021	66	2.111,14	1,87	Muito Alta
2244039	FAZENDA AGULHAS NEGRAS	RESENDE	RIO DE JANEIRO	-22,34	-44,59	1245	1941	2020	65	2.388,82	2,67	Muito Alta
2244041	VOLTA REDONDA	VOLTA REDONDA	RIO DE JANEIRO	-22,50	-44,09	360	1943	2021	59	1.377,66	-0,25	Média
2244042	UHE FUNIL JUSANTE 2	BARRA MANSA	RIO DE JANEIRO	-22,54	-44,18	374	1940	2016	56	1.254,37	-0,61	Baixa
2244043	RIALTO	BARRA MANSA	RIO DE JANEIRO	-22,58	-44,27	None	1951	2020	44	1.270,34	-0,56	Baixa

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Média Anual (mm)	SPI_{anual} Precipitação Média Anual	Grandeza Relativa de Precipitação Média Anual na Bacia
2244044	GLICÉRIO	BARRA MANSÁ	RIO DE JANEIRO	-22,47	-44,23	390	1967	2021	42	1.354,84	-0,32	Média
2244045	NOSSA SENHORA DO AMPARO	BARRA MANSÁ	RIO DE JANEIRO	-22,39	-44,11	400	1968	2021	40	1.733,31	0,78	Alta
2244047	VISCONDE DE MAUÁ (ESC. AGROT)	RESENDE	RIO DE JANEIRO	-22,33	-44,54	1030	1937	2020	66	2.269,87	2,33	Muito Alta
CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraíba												
2143008	IBERTIOGA	IBERTIOGA	MINAS GERAIS	-21,43	-43,96	980	1941	2021	63	1.240,95	-0,64	Baixa
2143011	CONCEIÇÃO DO IBITIPOCA	LIMA DUARTE	MINAS GERAIS	-21,76	-43,92	970	1941	2021	67	1.556,02	0,26	Média
2143013	ESTEVIÃO PINTO	MAR DE ESPANHA	MINAS GERAIS	-21,90	-43,04	452	1943	2021	63	1.245,19	-0,63	Baixa
2143016	TORREÕES	JUIZ DE FORA	MINAS GERAIS	-21,87	-43,56	442	1943	2021	59	1.496,59	0,09	Média
2143019	USINA BRUMADO	LIMA DUARTE	MINAS GERAIS	-21,86	-43,89	710	1944	2020	64	1.554,11	0,26	Média
2143020	CHAPEU D'UVAS	JUIZ DE FORA	MINAS GERAIS	-21,59	-43,50	720	1950	2020	54	1.503,34	0,11	Média
2143021	SOBRAJI	BELMIRO BRAGA	MINAS GERAIS	-21,97	-43,37	451	1952	2021	48	1.237,49	-0,65	Baixa
2243202	FAZENDA SÃO GABRIEL	RIO PRETO	MINAS GERAIS	-22,01	-43,88	798	1946	2021	62	1.904,99	1,27	Muito Alta
2244035	SANTA RITA DO JACUTINGA	SANTA RITA DO JACUTINGA	MINAS GERAIS	-22,15	-44,09	530	1935	2021	71	1.737,51	0,79	Alta
2244036	ZELINDA	PASSA VINTE	MINAS GERAIS	-22,24	-44,26	550	1935	2021	66	1.849,66	1,11	Muito Alta

Código/Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Média Anual (mm)	SPI_{anual} Precipitação Média Anual	Grandeza Relativa de Precipitação Média Anual na Bacia
2244057	PONTE DO COSTA	BOCAINA DE MINAS	MINAS GERAIS	-22,13	-44,41	1153	1941	2019	62	1.839,63	1,08	Muito Alta
2244058	MIRANTÃO (CAPELINHA DAS FLORES)	BOCAINA DE MINAS	MINAS GERAIS	-22,25	-44,50	978	1971	2021	36	2.072,87	1,76	Muito Alta
2244064	PEDREIRA (PACAU)	BOM JARDIM DE MINAS	MINAS GERAIS	-22,03	-44,17	1230	1968	2019	41	2.185,37	2,08	Muito Alta
2244065	ALAGOA	ALAGOA	MINAS GERAIS	-22,17	-44,64	1036	1942	2021	68	1.654,62	0,55	Alta
CBH do Rio Piabanha												
2142014	PAQUEQUER	CARMO	RIO DE JANEIRO	-21,87	-42,64	143	1956	2021	58	1.122,55	-0,99	Baixa
2242012	REPRESA DO PARAÍSO	MAGÉ	RIO DE JANEIRO	-22,50	-42,91	44	1967	2020	46	2.658,76	3,45	Muito Alta
2242013	FAZENDA DO CARMO	CACHOEIRAS DE MACACU	RIO DE JANEIRO	-22,44	-42,76	51	1967	2020	48	2.068,79	1,74	Muito Alta
2242026	BOM SUCESSO	TERESÓPOLIS	RIO DE JANEIRO	-22,27	-42,79	870	1965	2021	39	1.288,23	-0,51	Baixa
2242027	FAZENDA SOBRADINHO	TERESÓPOLIS	RIO DE JANEIRO	-22,20	-42,90	650	1936	2021	71	1.367,71	-0,28	Média
2242028	ANTA	SAPUCAIA	RIO DE JANEIRO	-22,04	-42,99	230	1944	2021	65	1.261,13	-0,59	Baixa
2242029	SUMIDOURO	SUMIDOURO	RIO DE JANEIRO	-22,05	-42,68	346	1951	2021	56	1.362,48	-0,29	Média
2242072	TERESÓPOLIS	TERESÓPOLIS	RIO DE JANEIRO	-22,45	-42,93	874	1913	2012	52	1.896,82	1,25	Muito Alta
2243010	ITAMARATI - SE	PETRÓPOLIS	RIO DE JANEIRO	-22,49	-43,15	1085	1938	2021	68	1.505,32	0,12	Média
2243011	RIO DA CIDADE	PETRÓPOLIS	RIO DE JANEIRO	-22,44	-43,17	704	1938	2020	68	1.416,42	-0,14	Média

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Média Anual (mm)	SPI_{anual} Precipitação Média Anual	Grandeza Relativa de Precipitação Média Anual na Bacia
2243012	PEDRO DO RIO	PETRÓPOLIS	RIO DE JANEIRO	-22,33	-43,14	645	1938	2021	68	1.233,65	-0,67	Baixa
2243013	AREAL (GRANJA GABI)	TRÊS RIOS	RIO DE JANEIRO	-22,24	-43,10	450	1939	2021	68	1.245,31	-0,63	Baixa
2243014	FAGUNDES	PETRÓPOLIS	RIO DE JANEIRO	-22,30	-43,18	460	1938	2020	64	1.047,56	-1,20	Muito Baixa
2243015	MOURA BRASIL	TRÊS RIOS	RIO DE JANEIRO	-22,14	-43,15	278	1936	2020	71	1.102,09	-1,05	Muito Baixa
2243016	MORELI (PARADA MORELI)	PETRÓPOLIS	RIO DE JANEIRO	-22,19	-43,01	600	1955	2021	51	1.174,50	-0,84	Baixa
CBH do Rio Dois Rios												
2141005	SÃO FIDELIS	SÃO FIDÉLIS	RIO DE JANEIRO	-21,65	-41,75	10	1939	2021	60	954,39	-1,47	Muito Baixa
2141006	DOIS RIOS	SÃO FIDÉLIS	RIO DE JANEIRO	-21,64	-41,86	50	1939	2020	69	978,78	-1,40	Muito Baixa
2141100	PONTO DE PERGUNTA	ITAOCARA	RIO DE JANEIRO	-21,73	-41,99	61	1965	2021	42	1.052,61	-1,19	Muito Baixa
2142022	ALDEIA	CANTAGALO	RIO DE JANEIRO	-21,95	-42,36	376	1939	2020	66	1.165,97	-0,86	Baixa
2242004	GALDINÓPOLIS	NOVA FRIBURGO	RIO DE JANEIRO	-22,36	-42,38	740	1950	2021	69	1.947,46	1,39	Muito Alta
2242005	FAZENDA SÃO JOÃO	NOVA FRIBURGO	RIO DE JANEIRO	-22,39	-42,49	960	1967	2021	50	2.134,99	1,94	Muito Alta
2242016	FAZENDA SÃO JOAQUIM	CACHOEIRAS DE MACACU	RIO DE JANEIRO	-22,44	-42,62	275	1967	2020	46	2.540,30	3,11	Muito Alta
2242017	VISCONDE DE IMBE	TRAJANO DE MORAIS	RIO DE JANEIRO	-22,07	-42,16	334	1965	2021	43	1.215,07	-0,72	Baixa
2242018	BARRA ALEGRE	BOM JARDIM	RIO DE JANEIRO	-22,24	-42,29	650	1965	2020	43	1.345,12	-0,34	Média

CONSÓRCIO NIPPON KOEI / REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Média Anual (mm)	SPI_{anual} Precipitação Média Anual	Grandeza Relativa de Precipitação Média Anual na Bacia
2242019	VARGEM ALTA	BOM JARDIM	RIO DE JANEIRO	-22,30	-42,40	1100	1965	2021	43	1.534,39	0,20	Média
2242020	VARGEM GRANDE	NOVA FRIBURGO	RIO DE JANEIRO	-22,28	-42,50	680	1965	2020	40	1.447,80	-0,05	Média
2242021	BOM JARDIM	BOM JARDIM	RIO DE JANEIRO	-22,16	-42,42	530	1941	2021	65	1.345,75	-0,34	Média
2242022	FAZENDA MENDES	NOVA FRIBURGO	RIO DE JANEIRO	-22,29	-42,66	1010	1949	2021	56	1.429,26	-0,10	Média
2242024	TEODORO DE OLIVEIRA	NOVA FRIBURGO	RIO DE JANEIRO	-22,38	-42,55	1105	1965	2020	48	3.288,29	5,26	Muito Alta
2242025	CASCATINHA DO CONEGO	NOVA FRIBURGO	RIO DE JANEIRO	-22,34	-42,56	1210	1967	2021	39	2.122,82	1,90	Muito Alta
CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé												
2042000	CARANGOLA	CARANGOLA	MINAS GERAIS	-20,74	-42,02	399	1935	2021	57	1.294,66	-0,49	Média
2042010	ABRE CAMPO	ABRE CAMPO	MINAS GERAIS	-20,30	-42,48	532	1941	2021	72	1.190,09	-0,79	Baixa
2042014	BICUIBA	SÃO FRANCISCO DO GLÓRIA	MINAS GERAIS	-20,77	-42,30	630	1962	2020	42	1.391,20	-0,21	Média
2042016	SÃO MIGUEL DO ANTA	SÃO MIGUEL DO ANTA	MINAS GERAIS	-20,68	-42,81	583	1967	2020	49	1.171,38	-0,85	Baixa
2042017	MATIPÓ	MATIPÓ	MINAS GERAIS	-20,28	-42,33	595	1967	2021	48	1.202,43	-0,76	Baixa
2043014	PORTO FIRME	PORTO FIRME	MINAS GERAIS	-20,67	-43,09	598	1941	2020	74	1.379,77	-0,24	Média
2043026	BRAZ PIRES	BRÁS PIRES	MINAS GERAIS	-20,85	-43,24	632	1967	2020	42	1.285,73	-0,52	Baixa
2142000	ASTOLFO DUTRA	ASTOLFO DUTRA	MINAS GERAIS	-21,31	-42,86	231	1939	2021	59	1.378,24	-0,25	Média

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Média Anual (mm)	SPI_{anual} Precipitação Média Anual	Grandeza Relativa de Precipitação Média Anual na Bacia
2142001	CATAGUASES	CATAGUASES	MINAS GERAIS	-21,39	-42,70	182	1939	2021	63	1.435,54	-0,08	Média
2142002	PATROCÍNIO DO MURIAÉ	PATROCÍNIO DO MURIAÉ	MINAS GERAIS	-21,15	-42,20	177	1935	2020	72	1.457,19	-0,02	Média
2142004	FAZENDA UMBAÚBAS	MURIAÉ	MINAS GERAIS	-21,05	-42,52	490	1943	2021	58	1.393,43	-0,20	Média
2142006	USINA MAURÍCIO	ITAMARATI DE MINAS	MINAS GERAIS	-21,47	-42,81	214	1943	2021	58	1.501,06	0,11	Média
2142007	FAZENDA DA BARRA (PIRAPETINGA)	PIRAPETINGA	MINAS GERAIS	-21,66	-42,34	152	1960	2021	47	1.189,63	-0,79	Baixa
2142008	VOLTA GRANDE	VOLTA GRANDE	MINAS GERAIS	-21,77	-42,54	214	1962	2021	43	1.171,74	-0,84	Baixa
2142009	JUSSARA	MIRADOURO	MINAS GERAIS	-20,91	-42,35	419	1964	2020	33	1.340,45	-0,36	Média
2143000	USINA ITUERÊ	RIO POMBA	MINAS GERAIS	-21,31	-43,20	512	1935	2021	60	1.463,58	0,00	Média
2143001	GUARANI	GUARANI	MINAS GERAIS	-21,36	-43,05	398	1941	2020	66	1.356,43	-0,31	Média
2143003	DESTERRO DO MELO	DESTERRO DO MELO	MINAS GERAIS	-21,15	-43,52	780	1941	2021	73	1.581,51	0,34	Média
2143005	CAMPOLIDE	ANTÔNIO CARLOS	MINAS GERAIS	-21,28	-43,82	997	1941	2021	73	1.427,06	-0,11	Média
2143007	VARGEM DO ENGENHO	BARBACENA	MINAS GERAIS	-21,19	-43,61	1120	1941	2020	64	1.554,29	0,26	Média
2143009	USINA BARBACENA	BARBACENA	MINAS GERAIS	-21,27	-43,88	1030	1941	2020	59	1.422,87	-0,12	Média
2143017	TABULEIRO	TABULEIRO	MINAS GERAIS	-21,36	-43,25	502	1943	2021	60	1.528,25	0,18	Média

CONSÓRCIO NIPPON KOEI / REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Média Anual (mm)	SPI_{anual} Precipitação Média Anual	Grandeza Relativa de Precipitação Média Anual na Bacia
2143018	RIO NOVO	RIO NOVO	MINAS GERAIS	-21,47	-43,12	397	1944	2021	61	1.388,53	-0,22	Média
2143022	PIAU	PIAU	MINAS GERAIS	-21,50	-43,15	472	1957	2021	45	1.611,26	0,42	Média
CBH Baixo Paraíba do Sul												
2041046	VARRE - SAI	NATIVIDADE	RIO DE JANEIRO	-20,93	-41,87	688	1967	2021	50	1.384,07	-0,23	Média
2042027	PORCIUNCULA	PORCIUNCULA	RIO DE JANEIRO	-20,97	-42,05	188	1939	2020	67	1.264,12	-0,58	Baixa
2141001	SÃO FRANCISCO PAULA - CACIMBAS	SÃO JOÃO DA BARRA	RIO DE JANEIRO	-21,48	-41,10	15	1972	2021	44	853,07	-1,76	Muito Baixa
2141002	CAMPOS - PONTE MUNICIPAL	CAMPO DOS GOYTACAZES	RIO DE JANEIRO	-21,75	-41,30	14	1945	2021	38	1.004,69	-1,33	Muito Baixa
2141003	CARDOSO MOREIRA	CAMPO DOS GOYTACAZES	RIO DE JANEIRO	-21,49	-41,61	29	1939	2021	70	941,89	-1,51	Muito Baixa
2141004	ITAPERUNA	ITAPERUNA	RIO DE JANEIRO	-21,21	-41,89	110	1942	2021	47	1.123,19	-0,98	Baixa
2141007	TRÊS IRMÃOS	CAMBUCI	RIO DE JANEIRO	-21,63	-41,99	42	1943	2021	64	1.092,33	-1,07	Muito Baixa
2141014	PONTE DO ITABAPOANA	MIMOSO DO SUL	ESPIRITO SANTO	-21,21	-41,46	59	1937	2020	81	1.161,02	-0,87	Baixa
2141016	SÃO JOSÉ DO CALÇADO	SÃO JOSÉ DO CALÇADO	ESPIRITO SANTO	-21,02	-41,66	150	1952	2021	63	1.283,93	-0,52	Baixa
2142058	SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	RIO DE JANEIRO	-21,54	-42,18	70	1966	2021	41	1.162,99	-0,87	Baixa

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Média Anual (mm)	SPI_{anual} Precipitação Média Anual	Grandeza Relativa de Precipitação Média Anual na Bacia
2241001	FAROL DE SÃO TOMÉ	CAMPO DOS GOYTACAZES	RIO DE JANEIRO	-22,04	-41,06	2	1966	2021	50	739,43	-2,09	Muito Baixa
2241002	USINA QUISSAMA	MACAÉ	RIO DE JANEIRO	-22,11	-41,47	15	1966	2021	48	934,71	-1,53	Muito Baixa
2241003	MACABUZINHO	CONCEIÇÃO DE MACABU	RIO DE JANEIRO	-22,09	-41,74	19	1943	2021	70	1.273,74	-0,55	Baixa
2242001	LEITÃO DA CUNHA	TRAJANO DE MORAIS	RIO DE JANEIRO	-22,04	-42,04	425	1965	2021	51	1.663,53	0,58	Alta
2242002	MARIA MENDONÇA	TRAJANO DE MORAIS	RIO DE JANEIRO	-22,19	-42,16	800	1965	2020	51	1.676,61	0,61	Alta

Fonte: elaboração própria.

Em geral, o SPI_{anual} é médio, sendo mais baixo no CBH Baixo Paraíba do Sul e CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé. A precipitação média anual da bacia é da ordem de 1.465 mm, com valores mínimos e máximos, respectivamente, de 740 mm a 3.300 mm.

A Figura 4.2 apresenta a curva de probabilidade de ocorrência de valores médios anuais de precipitação. Em 70% da bacia tem-se registros de valores abaixo do valor médio. As chuvas orográficas ocorridas junto ao relevo mais elevado aumentam consideravelmente a média da bacia dando falsa representatividade regional.

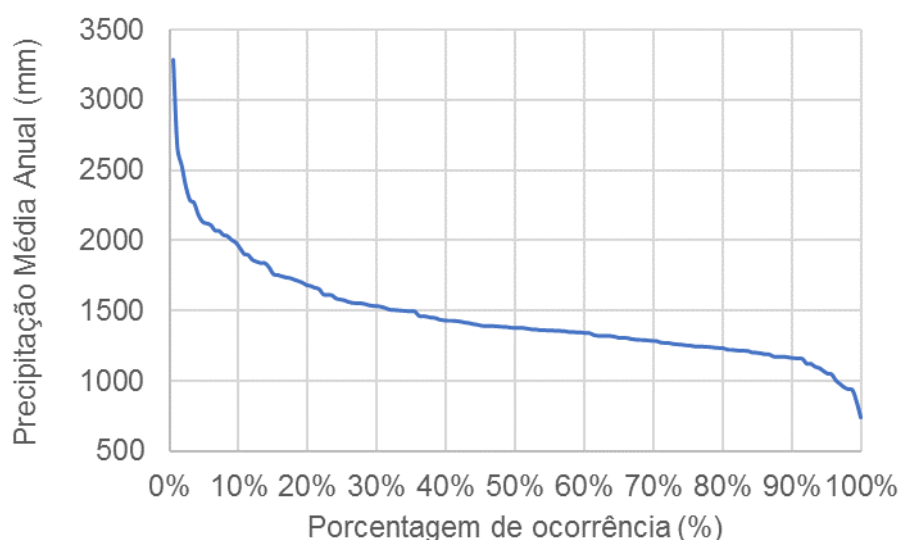


Figura 4.2 – Curva de porcentagem de ocorrência de valores médios anuais de precipitação sobre a bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

4.3 Classificação Quanto aos Riscos de Secas Prolongadas Pelas Vazões Registradas

Para finalizar e caracterizar o efeito de secas na bacia do rio Paraíba do Sul, far-se-á emprego das séries de dados observados, a partir das estações fluviométricas disponíveis no SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – Portal HidroWeb) – Figura 4.3, baseou-se nas informações limitadas disponibilizadas sobre estiagem oriundas da Defesa Civil, conforme descrito no Produto 2.

Para o estudo em questão, foi desenvolvido um índice de estiagem ($Dias\ no\ Ano_{<Q_{95\%}}$), associado principalmente a duração em dias e frequência anual da estiagem, calculada a partir da seguinte formulação:

$$Dias\ no\ Ano_{<Q_{95\%}} = \frac{\sum_1^n (Dias\ sucessivos\ com\ vazões < Q_{95\%}\ histórica)}{n \cdot 365}$$

Em que:

- n é o número de anos com registros completos, sendo $n > 10$ anos;
- $\frac{\text{Dias no Ano}_{<Q_{95\%}}}{n}$ é a média anual de dias sucessivos com vazões inferiores a $Q_{95\%}$ histórica.

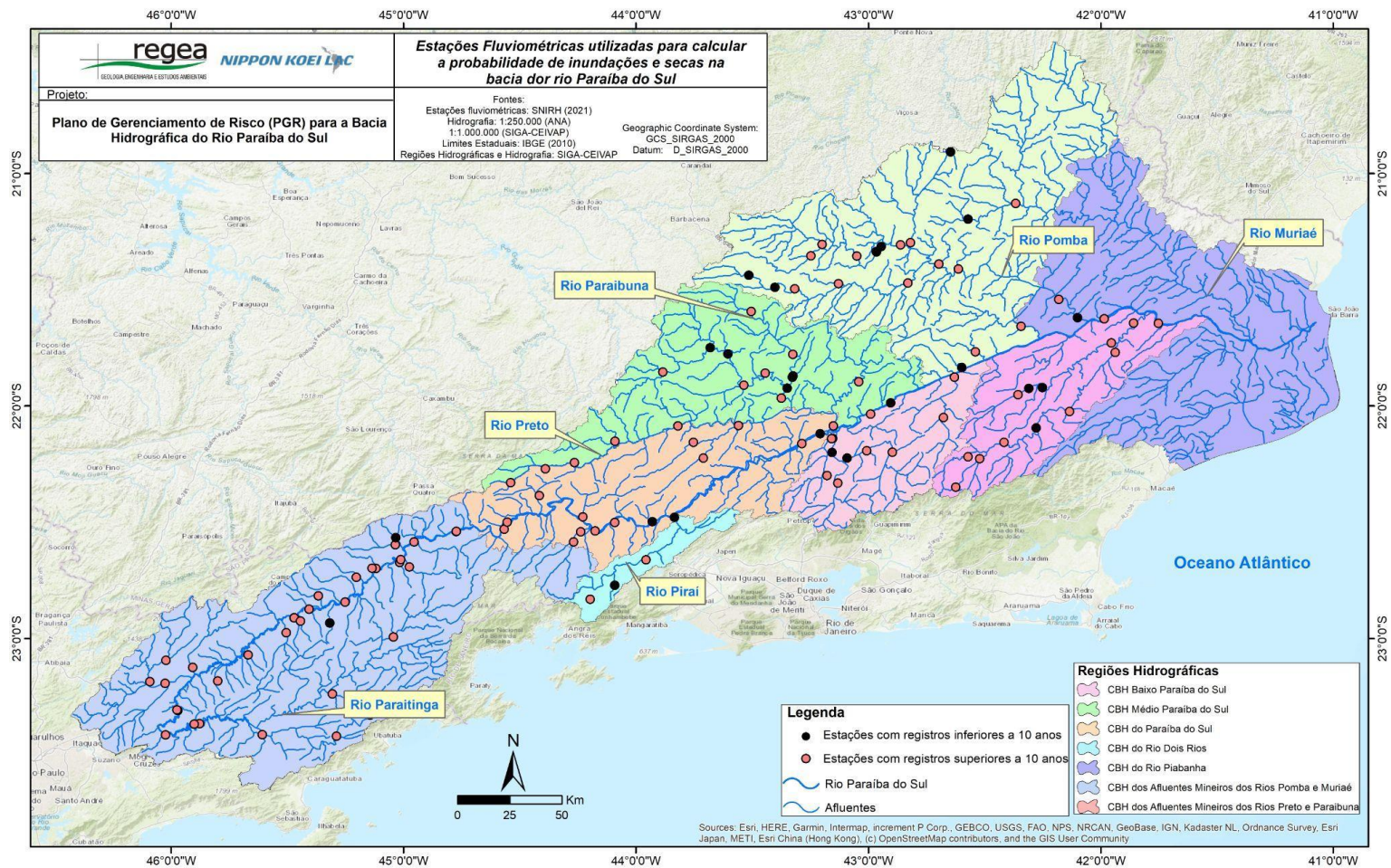


Figura 4.3 – Distribuição das estações fluviométricas utilizadas na análise de seca e cheia.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

A gradação da probabilidade de ocorrência (P) da estiagem adotada para a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul pode ser vista no Quadro 4.5. Do ponto de vista do gerenciamento de recursos hídricos, o limite estabelecido como “Muito Alto” poderá ser factível de administrar.

Quadro 4.5 – Probabilidade de ocorrência (P) da estiagem em função do índice Dias no Ano_{<Q_{95%}}

Probabilidade (P)	Muito Baixa	Baixa	Médio	Alta	Muito Alta
<u>Dias no Ano</u> _{<Q_{95%}}	(sem registros)	(sem registros)	5-7 dias	7-9 dias	≥ 9 dias

O Quadro 4.6 apresenta os resultados de Dias no Ano_{<Q_{95%}} para todas as estações fluviométricas com mais de 10 anos de registros completos, identificadas no SNIRH. Estão sendo realçadas, no quadro, as estações fluviométricas com registros dentro de um período mínimo comum (1980 a 2010), que foram empregadas para espacializar a informação e classificar quanto ao risco de estiagem. Isso se dá devido à variabilidade temporal das séries fluviométricas registradas e evolução da ocupação do uso do solo na região como, por exemplo, inserção de reservatórios e modificações do uso do solo.

Observa-se que as classificações quanto aos riscos a estiagem, em toda a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul (estações fluviométricas analisadas), estão associadas às médias anuais com mais de 5 dias sucessivos com vazões inferiores a Q_{95%}. Na maioria das estações fluviométricas registraram-se valores de Dias no Ano_{<Q_{95%}} inferiores a 12 dias, exceto a estação fluviométrica 58128100 (UHE JAGUARI BARRAMENTO), no rio Jaguari, em São José dos Campos (série de 1995 a 2015), atingindo 25 dias.

A Figura 4.5 ilustra o panorama geral de estiagem da bacia hidrográfica, considerando somente as 65 estações fluviométricas destacadas em negrito no Quadro 4.6 (94 estações fluviométricas analisadas). De maneira geral, as diversas regiões hidrográficas têm registros indicando “Alta” a “Muito Alta” probabilidade de eventos de estiagem. Vale comentar que a estação fluviométrica 58630002 (ANTA) no rio Paraíba do Sul no município de Sapucaia-RJ, desvia um pouco do padrão do referido curso de água devido ao fato da série ter maior extensão, ver Figura 4.4. Igualmente importante observar na mesma figura, que existem outros períodos secos na amplitude do que ocorreram em 2014/2015. A estiagem de 2014/2015 coincide em magnitude com o período seco adotado pelo setor elétrico (1952-

1956). Recomenda-se que a definição das vazões de referências na bacia do rio Paraíba do Sul para licenciamento ou outorga devam ser subsidiadas por esses períodos em questão.

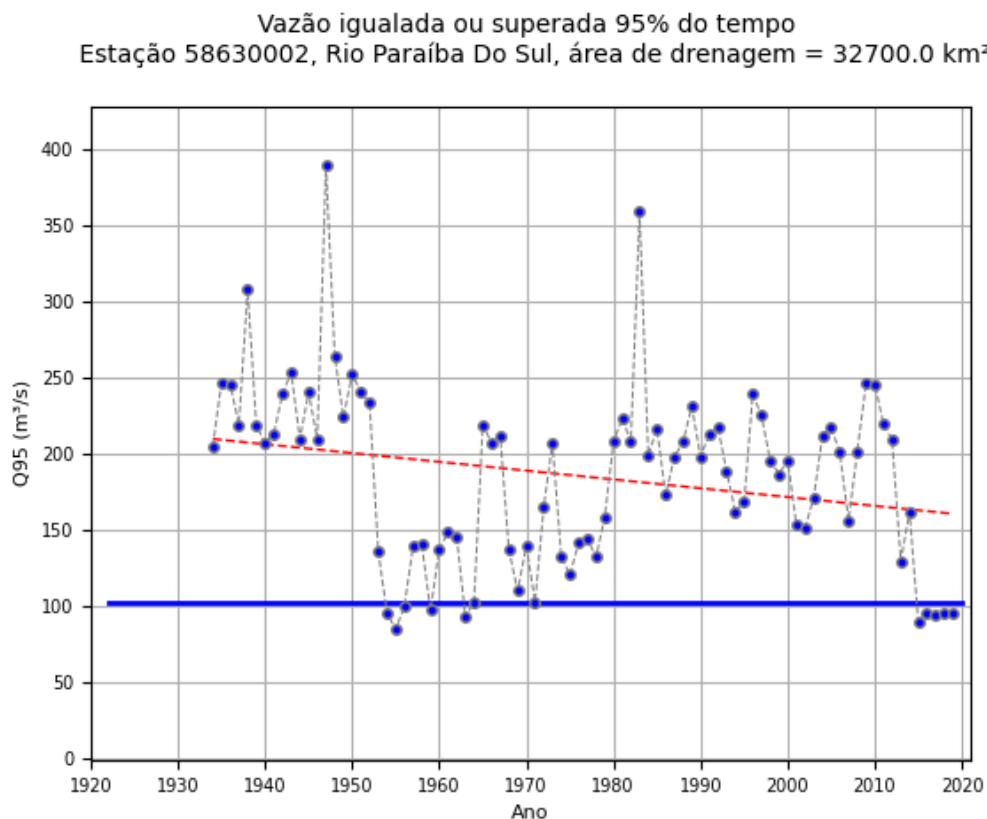


Figura 4.4 – Série de valores de Q_{95%} anuais na estação fluviométrica 58630002 (ANTA). Linha azul Q_{95%} histórica.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Observa-se que as seguintes classificações quanto aos riscos para seca:

- CBH – Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul com probabilidades de secas que variam entre “Média” a “Muito Alta”, mas com o trecho principal do rio Paraíba do Sul predominantemente classificado como “Alta”. As análises das precipitações médias anuais indicaram, com maior frequência, valores mais baixos que a média da bacia (precipitação 1.200 mm a 1.400 mm), exceto pelas chuvas nas cabeceiras a montante da UHE Paraíbuna, com valores bem altos, acima de 2.000 mm. A UHE Paraíbuna permite uma certa regularização, mas não suficiente para mudança da classificação adotada como “Muito Alta” na CBH;
- CBH Médio Paraíba do Sul apresenta riscos a secas que variam de “Médio” a “Muito Alta”, predominante “Alta” e “Muito Alta” no curso principal. Chuvas muito altas no

divisor do Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna, mas com bacias de contribuições pequenas que não colaboram significativamente para mudança de classificação para condição de “Média”;

- A CBH do Piraí foi classificada quanto ao risco de secas como sendo “Muito Alta”, devido ao registro das estações fluviométricas ali localizadas, aliada ao efeito da Transposição do Vigário;
- A CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna, apresentaram riscos a secas classificados como “Média” a “Muito Alta”. Os altos índices pluviométricos verificados na cabeceira da bacia não são suficientes para mudar essa classificação do parâmetro empregado para medir estiagens;
- As CBH Piabanha, Rio Dois Rios e dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé, foram classificados com risco “Médio” a “Muito Alto”. Chuvas medianas sobre grande parte do território, exceto na cabeceira junto ao Piabanha, Rio Dois Rios, poderiam minimizar o efeito das secas. Contudo, as bacias são pequenas e com baixa capacidade de regularização, impedindo uma melhoria na classificação do risco de estiagens;
- Na CBH Baixo Paraíba do Sul sem registro de vazões, mas devido aos índices pluviométricos médios anuais analisados, foi classificada com a probabilidade “Muito Alta” de estiagem nas regiões afastadas da calha principal do rio.

Vale comentar que as vazões na calha do rio Paraíba do Sul são em grandeza muito maior que seus afluentes. Do ponto de vista de balanço hídrico, isto é, disponibilidade e consumo, as vazões da calha principal do rio Paraíba do Sul deverão atender as demandas prioritárias. Portanto, a adoção do parâmetro selecionado para avaliar o tempo e frequência que as vazões são inferiores às $Q_{95\%}$, devem, em média promover informações das respostas hídricas a montante, que naturalmente, vão espelhar o que está ocorrendo nas bacias contribuintes, permitindo uma extrapolação razoável para os afluentes.

Quadro 4.6 – Estações Fluviométricas analisadas para estiagem prolongada na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

Código/ Estação Fluviométrica	Nome	Curso d'água	Estado	Município	Área de drena- gem (km²)	Latitude (°)	Longitude (°)	Início da Série	Fim da Série	Anos Com- pletos	Média Anual de Dias menor que a Q95%	Proba- bilidade (Seca)
CBH do Paraíba do Sul												
58155000	CERÂMICA QUIRINO	RIBEIRÃO CACAPAVA VELHA	SÃO PAULO	CAÇAPAVA	31	-23,07	-45,67	1957	1998	34	8	Alta
58215000	FAZENDA SANTA CATARINA	RIBEIRÃO DOS MACACOS	SÃO PAULO	LORENA	36	-22,70	-45,14	1969	1999	26	10	Muito Alta
58217500	PITEU	RIBEIRÃO PALMITAL	SÃO PAULO	CACHOEIRA PAULISTA	39	-22,67	-45,02	1973	1997	20	9	Alta
58147000	PARARANGABA	RIO PARARANGABA	SÃO PAULO	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	50	-23,18	-45,80	1960	2011	31	8	Alta
58185000	PINDAMONHANGABA	RIBEIRÃO DO PINHÃO	SÃO PAULO	PINDAMONHANGABA	80	-22,93	-45,44	1955	1998	41	9	Alta
58194000	FAZENDA SAPUCAIA	RIBEIRÃO TETEQUERA	SÃO PAULO	PINDAMONHANGABA	117	-22,82	-45,37	1957	1975	17	10	Muito Alta
58211000	COLÔNIA PIAGUI	RIO PIAGUI	SÃO PAULO	GUARATINGUETÁ	171	-22,74	-45,20	1971	2002	29	9	Alta
58227000	EMBAU	RIBEIRÃO EMBAÚ	SÃO PAULO	CACHOEIRA PAULISTA	179	-22,60	-45,04	1970	1996	22	10	Muito Alta
58220000	FAZENDA SANTA CLARA	RIO BOCAINA	SÃO PAULO	CACHOEIRA PAULISTA	240	-22,69	-44,98	1935	2020	83	5	Média
58060000	PONTE ALTA 1	RIO PARAÍBUNA	SÃO PAULO	SÃO LUÍS DO PARAITINGA	277	-23,33	-45,14	1933	2021	86	7	Média
58122000	USINA DO TURVO	RIO DO PEIXE	SÃO PAULO	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	352	-23,09	-46,02	1952	1969	17	9	Alta
58142200	BUQUIRINHA II	RIO BUQUIRA OU FERRÃO	SÃO PAULO	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	407	-23,12	-45,91	1979	2021	33	8	Alta
58068000	UHE PARAIBUNA FAZENDA PALMEIRAS	RIO PARAÍBUNA	SÃO PAULO	NATIVIDADE DA SERRA	437	-23,42	-45,29	1964	1983	17	10	Muito Alta

CONSÓRCIO NIPPON KOEI / REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303

Código/ Estação Fluviométrica	Nome	Curso d'água	Estado	Município	Área de drenagem (km²)	Latitude (°)	Longitude (°)	Início da Série	Fim da Série	Anos Com- pletos	Média Anual de Dias menor que a Q95%	Proba- bilidade (Seca)
58177000	FAZENDA MODELO	RIO UNA	SÃO PAULO	TREMEMBÉ	465	-22,98	-45,50	1954	1978	16	9	Alta
58126000	IGARATA 1	RIO DO PEIXE	SÃO PAULO	IGARATA	692	-23,19	-46,09	1935	1969	33	7	Alta
58030000	ESTRADA DO CUNHA	RIO PARAITINGA	SÃO PAULO	CUNHA	796	-22,99	-45,04	1934	2020	84	9	Alta
58128100	UHE JAGUARI BARRAMENTO	RIO JAGUARI	SÃO PAULO	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	1.300	-23,19	-46,03	1995	2015	20	25	Muito Alta
58040000	SÃO LUÍS DO PARAITINGA	RIO PARAITINGA	SÃO PAULO	SÃO LUÍS DO PARAITINGA	1.950	-23,24	-45,31	1988	2020	31	6	Média
58087300	UHE PARAIBUNA JUSANTE	RIO PARAÍBUNA	SÃO PAULO	PARAIBUNA	4.150	-23,41	-45,61	1969	2012	11	10	Muito Alta
58096000	UHE SANTA BRANCA JUSANTE	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	JACAREÍ	4.920	-23,37	-45,88	1956	2012	51	10	Muito Alta
58099000	SANTA BRANCA	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	SANTA BRANCA	4.940	-23,37	-45,90	1952	2021	63	9	Muito Alta
58105300	UHE SANTA BRANCA GUARAREMA	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	GUARAREMA	5.210	-23,42	-46,02	1998	2015	18	5	Média
58110000	UHE SANTA BRANCA JACAREÍ	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	JACAREÍ	5.470	-23,31	-45,97	1931	1972	39	8	Alta
58110002	JACAREÍ	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	JACAREÍ	5.470	-23,31	-45,98	2000	2020	17	5	Média
58182500	PONTE DE PINDAMONHANGABA	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	PINDAMONHANGABA	9.600	-22,91	-45,47	1983	2000	16	8	Alta
58183000	PINDAMONHANGABA	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	PINDAMONHANGABA	9.600	-22,91	-45,47	1926	2020	92	9	Muito Alta
58192000	VÁRZEA DO PARAÍBA	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	PINDAMONHANGABA	9.770	-22,87	-45,41	1959	1999	39	6	Média

CONSÓRCIO NIPPON KOEI / REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303

Código/ Estação Fluviométrica	Nome	Curso d'água	Estado	Município	Área de drenagem (km²)	Latitude (°)	Longitude (°)	Início da Série	Fim da Série	Anos Com- pletos	Média Anual de Dias menor que a Q95%	Proba- bilidade (Seca)
58201000	POTIM	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	GUARATINGUETÁ	10.300	-22,84	-45,25	1969	2001	29	8	Alta
58214000	LORENA / PIQUETE	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	LORENA	11.200	-22,70	-45,12	1964	1992	19	9	Muito Alta
58218000	UHE FUNIL MONTANTE 2	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	CACHOEIRA PAULISTA	11.500	-22,66	-45,01	1922	2016	83	11	Muito Alta
58230100	CRUZEIRO	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	CRUZEIRO	12.200	-22,59	-44,96	1971	2001	29	8	Alta
58235000	UHE FUNIL MONTANTE 1	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	QUELUZ	12.800	-22,54	-44,77	1934	2016	70	11	Muito Alta
58235100	QUELUZ	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	QUELUZ	12.800	-22,54	-44,77	1934	2021	77	10	Muito Alta
CBH do rio Pirai												
58350001	UEL VIGÁRIO FAZENDA NOVA ESPERANÇA	RIO PIRAI	RIO DE JANEIRO	PIRAÍ	626	-22,66	-43,96	1998	2012	12	10	Muito Alta
58335000	UHE NILO PEÇANHA LÍDICE	RIO PIRAI	RIO DE JANEIRO	RIO CLARO	-	-22,83	-44,20	1951	1996	34	7	Alta
CBH Médio Paraíba do Sul												
58525000	VISCONDE DE MAUÁ	RIO PRETO	RIO DE JANEIRO	RESENDE	103	-22,33	-44,54	1951	2020	65	8	Alta
58560000	VALENÇA	RIO DAS FLORES	RIO DE JANEIRO	VALENÇA	173	-22,22	-43,71	1948	2019	70	8	Alta
58258000	PONTE NOVA	RIO PIRAPETINGA	RIO DE JANEIRO	RESENDE	190	-22,39	-44,42	1968	2018	47	10	Muito Alta
58573000	PENTAGNA	RIO BONITO	RIO DE JANEIRO	VALENÇA	256	-22,16	-43,75	1968	2018	50	8	Alta
58530000	PONTE DO SOUZA	RIO PRETO	RIO DE JANEIRO	RESENDE	284	-22,27	-44,39	1936	2021	84	8	Alta
58287000	RIALTO	RIO BANANAL	RIO DE JANEIRO	BARRA MANSA	342	-22,59	-44,27	1955	2020	42	6	Média

CONSÓRCIO NIPPON KOEI / REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303

Código/ Estação Fluviométrica	Nome	Curso d'água	Estado	Município	Área de drenagem (km²)	Latitude (°)	Longitude (°)	Início da Série	Fim da Série	Anos Com- pletos	Média Anual de Dias menor que a Q95%	Proba- bilidade (Seca)
58286000	UHE FUNIL RIO BANANAL	RIO BANANAL	RIO DE JANEIRO	BARRA MANSA	389	-22,54	-44,24	2002	2016	14	8	Alta
58270000	GLICÉRIO	RIO TURVO	RIO DE JANEIRO	BARRA MANSA	407	-22,48	-44,23	1967	2018	43	9	Muito Alta
58585000	MANUEL DUARTE	RIO PRETO	RIO DE JANEIRO	RIO DAS FLORES	3.110	-22,08	-43,56	1948	2020	71	9	Muito Alta
58620000	UHE ILHA DOS POMBOS FAZENDA PIRACEMA	RIO PARAÍBUNA	RIO DE JANEIRO	TRÊS RIOS	8.560	-22,09	-43,15	1952	2012	43	10	Muito Alta
58240080	UHE FUNIL BARRAMENTO	RIO PARAÍBA DO SUL	RIO DE JANEIRO	ITATIAIA	13.400	-22,53	-44,57	1995	2015	20	8	Alta
58242000	UHE FUNIL JUSANTE 1	RIO PARAÍBA DO SUL	RIO DE JANEIRO	ITATIAIA	13.400	-22,50	-44,55	1956	2016	41	8	Alta
58300000	UHE FUNIL JUSANTE 2	RIO PARAÍBA DO SUL	RIO DE JANEIRO	BARRA MANSA	15.800	-22,54	-44,18	1940	2016	62	11	Muito Alta
58305001	VOLTA REDONDA	RIO PARAÍBA DO SUL	RIO DE JANEIRO	VOLTA REDONDA	16.000	-22,50	-44,09	1940	2021	66	11	Muito Alta
58380001	PARAÍBA DO SUL	RIO PARAÍBA DO SUL	RIO DE JANEIRO	PARAÍBA DO SUL	21.400	-22,16	-43,29	1972	2021	48	9	Alta
CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna												
58500000	USINA BRUMADO	RIO BRUMADO	MINAS GERAIS	LIMA DUARTE	144	-21,85	-43,89	1942	2019	73	11	Muito Alta
58542000	SANTA RITA DO JACUTINGA	RIO BANANAL	MINAS GERAIS	SANTA RITA DO JACUTINGA	355	-22,15	-44,09	1935	2018	81	8	Alta
58470000	CHAPEU D'UVAS	RIO PARAÍBUNA	MINAS GERAIS	JUIZ DE FORA	360	-21,59	-43,50	1949	2020	69	9	Alta
58535000	ZELINDA	RIO PRETO	MINAS GERAIS	PASSA VINTE	418	-22,24	-44,27	1925	2020	91	9	Muito Alta
58610000	ESTEVÃO PINTO	RIO CAGADO	MINAS GERAIS	MAR DE ESPANHA	783	-21,90	-43,04	1931	2021	86	9	Muito Alta

Código/ Estação Fluviométrica	Nome	Curso d'água	Estado	Município	Área de drenagem (km²)	Latitude (°)	Longitude (°)	Início da Série	Fim da Série	Anos Com- pletos	Média Anual de Dias menor que a Q95%	Proba- bilidade (Seca)
58480500	JUIZ DE FORA - JUSANTE	RIO PARAÍBUNA	MINAS GERAIS	JUIZ DE FORA	969	-21,78	-43,33	1975	2021	45	8	Alta
58512080	UHE PICADA JUSANTE	RIO DO PEIXE	MINAS GERAIS	JUIZ DE FORA	1.750	-21,91	-43,54	2005	2017	11	5	Média
58550001	RIO PRETO	RIO PRETO	MINAS GERAIS	RIO PRETO	1.800	-22,09	-43,82	1940	2021	79	9	Alta
58516500	FAZENDA SANTO ANTÔNIO	RIO DO PEIXE	MINAS GERAIS	JUIZ DE FORA	2.240	-21,86	-43,44	1976	2021	44	7	Média
58520000	SOBRAJI	RIO PARAÍBUNA	MINAS GERAIS	BELMIRO BRAGA	3.640	-21,97	-43,37	1952	2021	66	7	Alta
CBH do Rio Piabanha												
58434000	FAGUNDES	RIO FAGUNDES	RIO DE JANEIRO	PETRÓPOLIS	275	-22,30	-43,18	1936	2020	71	9	Alta
58645000	SUMIDOURO	RIO PAQUEQUER	RIO DE JANEIRO	SUMIDOURO	294	-22,05	-42,68	1951	2021	64	8	Alta
58405000	PEDRO DO RIO	RIO PIABANHA	RIO DE JANEIRO	PETRÓPOLIS	435	-22,33	-43,13	1936	2021	82	8	Alta
58420000	FAZENDA SOBRADINHO	RIO PRETO	RIO DE JANEIRO	TERESÓPOLIS	719	-22,20	-42,90	1935	2021	84	10	Muito Alta
58648001	PAQUEQUER	RIO PAQUEQUER	RIO DE JANEIRO	CARMO	762	-21,88	-42,63	1931	2010	60	11	Muito Alta
58425000	MORELI (PARADA MORELI)	RIO PRETO	RIO DE JANEIRO	PETRÓPOLIS	930	-22,19	-43,01	1962	2021	57	8	Alta
58442000	UHE ILHA DOS POMBOS FAZENDA BARREIRA	RIO PIABANHA	RIO DE JANEIRO	TRÊS RIOS	2.040	-22,14	-43,16	1951	2012	31	6	Média
58630002	ANTA	RIO PARAÍBA DO SUL	RIO DE JANEIRO	SAPUCAIA	32.700	-22,04	-42,99	1933	2021	86	7	Média
58440000	UHE SIMPLÍCIO MOURA BRASIL	RIO PIABANHA	RIO DE JANEIRO	TRÊS RIOS	-	-22,14	-43,15	1930	2016	85	5	Média
CBH do Rio Dois Rios												

Código/ Estação Fluviométrica	Nome	Curso d'água	Estado	Município	Área de drenagem (km²)	Latitude (°)	Longitude (°)	Início da Série	Fim da Série	Anos Com- pletos	Média Anual de Dias menor que a Q95%	Proba- bilidade (Seca)
58805000	SÃO LOURENÇO	RIO GRANDE	RIO DE JANEIRO	NOVA FRIBURGO	10	-22,35	-42,62	2003	2020	17	9	Muito Alta
58826000	CONSELHEIRO PAULINO	RIO BENGALA	RIO DE JANEIRO	NOVA FRIBURGO	170	-22,23	-42,52	1965	2019	52	8	Alta
58825000	PONTE ESTRADA DONA MARIANA	RIO GRANDE	RIO DE JANEIRO	NOVA FRIBURGO	234	-22,22	-42,57	1965	2021	54	9	Alta
58857000	ALDEIA	RIO NEGRO	RIO DE JANEIRO	CANTAGALO	350	-21,95	-42,36	1936	2018	62	11	Muito Alta
58827000	BOM JARDIM	RIO GRANDE	RIO DE JANEIRO	BOM JARDIM	553	-22,16	-42,42	1934	2021	85	9	Muito Alta
58870000	BARRA DO RIO NEGRO	RIO NEGRO	RIO DE JANEIRO	ITAOCARA	1.120	-21,73	-41,95	1966	2020	51	9	Muito Alta
58846000	MANUEL DE MORAIS	RIO GRANDE	RIO DE JANEIRO	SANTA MARIA MADALENA	1.370	-22,02	-42,13	1965	2021	52	9	Alta
58850000	PIMENTEL	RIO GRANDE	RIO DE JANEIRO	SÃO FIDÉLIS	1.810	-21,77	-41,94	1967	2020	53	8	Alta
58874000	DOIS RIOS	RIO DOIS RIOS	RIO DE JANEIRO	SÃO FIDÉLIS	3.120	-21,64	-41,86	1930	2021	90	11	Muito Alta
58880001	SÃO FIDELIS	RIO PARAÍBA DO SUL	RIO DE JANEIRO	SÃO FIDÉLIS	48.900	-21,65	-41,75	1973	2021	46	9	Muito Alta
CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé												
58720000	TABULEIRO	RIO FORMOSO	MINAS GERAIS	TABULEIRO	322	-21,35	-43,25	1943	2020	73	11	Muito Alta
58658000	VOLTA GRANDE	RIO ANGÚ	MINAS GERAIS	VOLTA GRANDE	348	-21,77	-42,54	1962	2018	51	7	Média
58750000	PIAU	RIO PIAU	MINAS GERAIS	PIAU	490	-21,50	-43,32	1987	2020	30	9	Muito Alta
58710000	USINA ITUERÉ	RIO POMBA	MINAS GERAIS	RIO POMBA	784	-21,31	-43,20	1929	2019	80	8	Alta
58755000	RIO NOVO	RIO NOVO	MINAS GERAIS	RIO NOVO	835	-21,47	-43,13	1943	2021	74	7	Alta

CONSÓRCIO NIPPON KOEI / REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303

Código/ Estação Fluviométrica	Nome	Curso d'água	Estado	Município	Área de drenagem (km ²)	Latitude (°)	Longitude (°)	Início da Série	Fim da Série	Anos Completo	Média Anual de Dias menor que a Q95%	Proba- bilidade (Seca)
58915000	MURIAÉ	RIO MURIAÉ	MINAS GERAIS	MURIAÉ	1.080	-21,13	-42,37	1934	1958	20	11	Muito Alta
58736000	BARRA DO XOPOTÓ	RIO XOPOTÓ	MINAS GERAIS	ASTOLFO DUTRA	1.280	-21,30	-42,82	1988	2020	28	10	Muito Alta
58730001	GUARANI	RIO POMBA	MINAS GERAIS	GUARANI	1.650	-21,36	-43,05	1949	2020	70	8	Alta
58765001	USINA MAURÍCIO	RIO NOVO	MINAS GERAIS	ITAMARATI DE MINAS	1.770	-21,47	-42,83	1967	2021	43	6	Média
58735000	ASTOLFO DUTRA	RIO POMBA	MINAS GERAIS	ASTOLFO DUTRA	2.350	-21,31	-42,86	1931	2020	88	8	Alta
58770000	CATAGUASES	RIO POMBA	MINAS GERAIS	CATAGUASES	5.880	-21,39	-42,70	1934	2020	84	9	Muito Alta
58788050	ARACATI	RIO POMBA	MINAS GERAIS	CATAGUASES	6.850	-21,41	-42,61	2005	2021	10	11	Muito Alta
CBH Baixo Paraíba do Sul												
58670002	FAZENDA DA BARRA (PIRAPETINGA)	RIO PIRAPETINGA	MINAS GERAIS	PIRAPETINGA	590	-21,66	-42,34	1960	2021	55	9	Alta
58790002	SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA II	RIO POMBA	RIO DE JANEIRO	SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	8.210	-21,54	-42,18	2001	2021	18	9	Alta
58795000	TRÊS IRMÃOS	RIO PARAÍBA DO SUL	RIO DE JANEIRO	CAMBUCI	45.300	-21,63	-41,99	1930	2021	89	7	Alta

Fonte: elaborado pelo Consórcio.

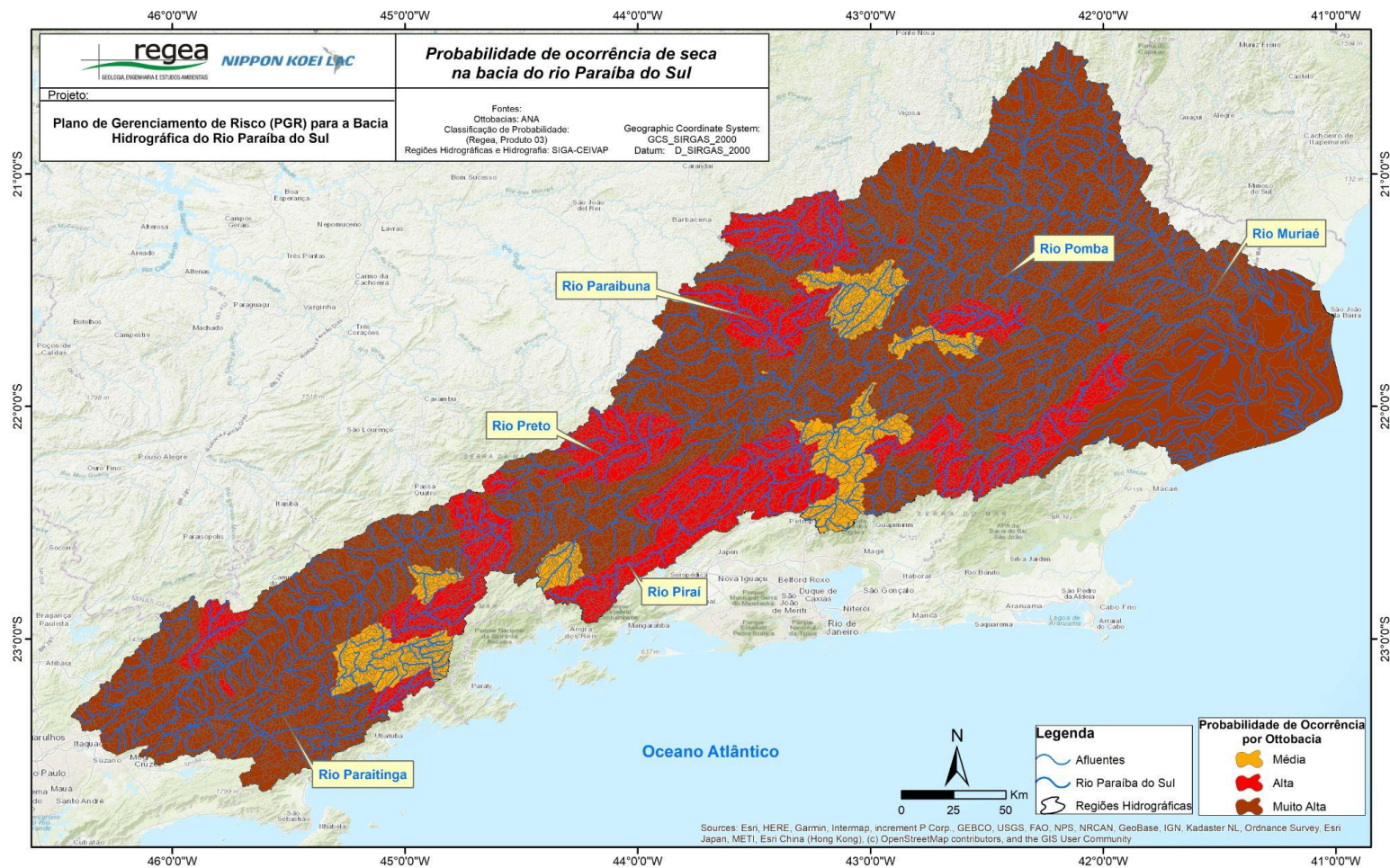


Figura 4.5 – Distribuição das probabilidades de estiagem.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

4.4 Grandes Reservatórios e Transposições de Vazões na Bacia e Impacto na Análise dos Riscos de Estiagens

A Figura 4.6 apresenta os aproveitamentos de geração de energia elétrica, abastecimento e transposições de vazões (Unidades Elevatórias – UE) na bacia do rio Paraíba do Sul. Grandes reservatórios têm capacidade de regularização o que naturalmente, diminui o risco de probabilidade de secas. Esse fato foi considerado na classificação dos riscos para estiagens, apresentado no item anterior.

Quanto à transposição, segundo o Produto Parcial 07 (PP-07): Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (PIRH-PS), de maio de 2021, pode-se apresentar:

A transposição de águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul para a Bacia Hidrográfica do Rio Guandu foi implantada, há mais de meio século, para atender à empresa concessionária de geração de energia elétrica, denominada Light. Esta interligação física implica em uma transferência de aproximadamente 120 m³/s de água do rio Paraíba do Sul para o rio Guandu.

Segundo o Ministério Público Federal (2016), em 1907, o governo do Estado do Rio de Janeiro autorizou o aumento da disponibilidade hídrica do Reservatório de Lajes, administrado pela Light S.A., mediante o desvio parcial das águas do rio Piraí, na altura do município de Rio Claro, e iniciando sua operação após o término da construção da Barragem de Tocos.

A captação e bombeamento da água na estação elevatória de Santa Cecília foi autorizada pelo Decreto-Lei nº 7.542 de 11 de maio de 1945, que outorgou à empresa Light Serviços de Eletricidade S.A a permissão para derivar as águas do rio Paraíba do Sul e utilizá-las na ampliação da usina de Ribeirão das Lajes, essa transposição entrou em operação em 1952 (CAMPOS, 2001).

Segundo a Resolução ANA nº 1931/2017, a interligação entre as represas Jaguari e Atibainha consiste em um conjunto de instalações para captação de uma vazão média anual de 5,13 m³/s e uma vazão máxima de 8,5 m³/s de água, do reservatório Jaguari (Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul) para recalque e adução para o reservatório Atibainha, que faz parte do Sistema Cantareira nas bacias PCJ (Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá). O sistema iniciou sua operação de forma experimental em março de 2018, fazendo a transposição no sentido Cantareira.

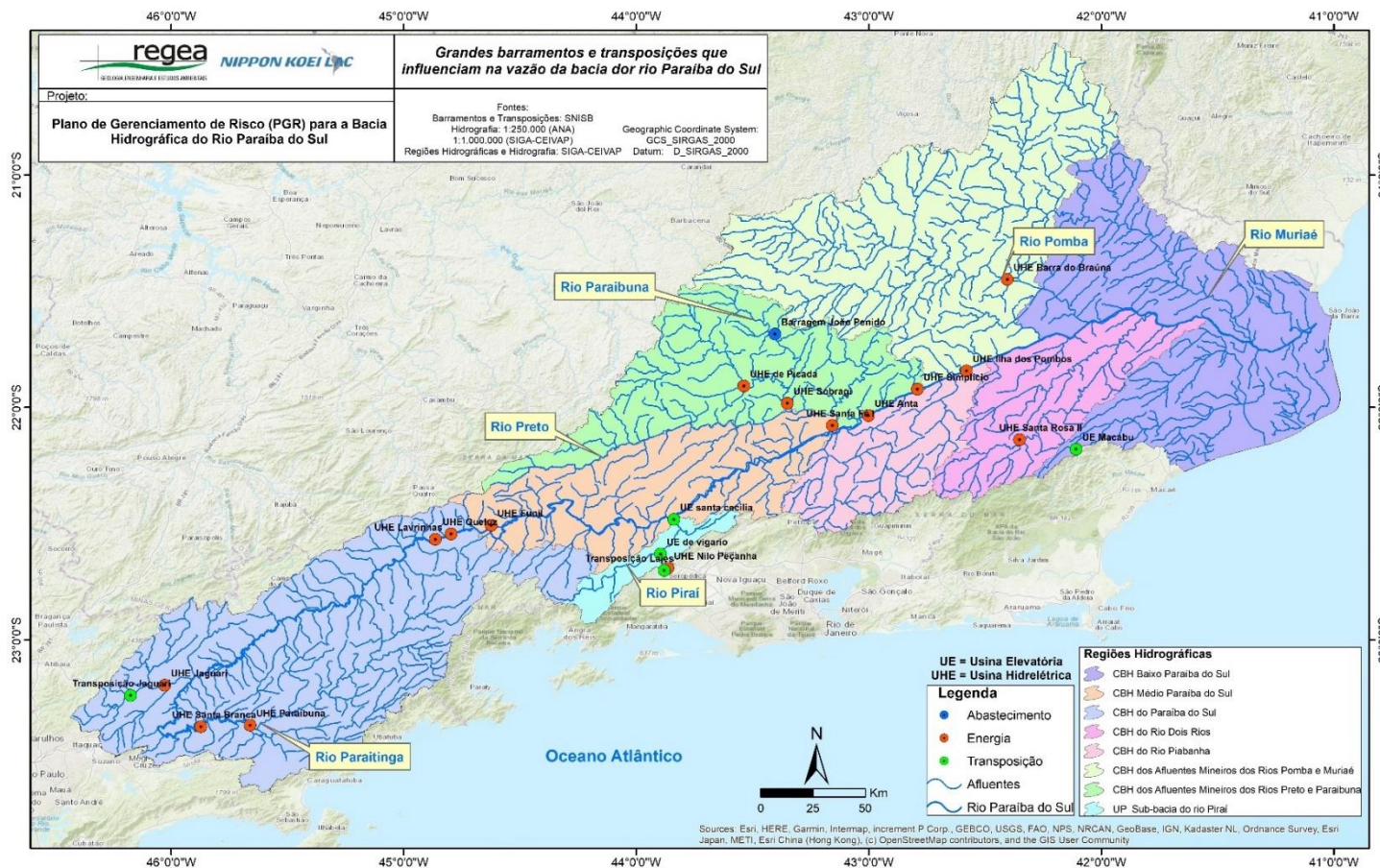


Figura 4.6 – Aproveitamentos de Abastecimento, Energia e Transposições de Bacias no Rio Paraíba.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Além destas transposições de águas, há a transposição do rio Macabu para o rio Macaé, situada na UP Baixo Paraíba do Sul, para produção de energia elétrica (Resolução CBH-Macaé n° 61/2016). O rio Macabu tem sua foz na Lagoa Feia, deixando de possuir apenas uma foz, tendo também uma foz intermediária: a Represa de Sodrelândia. Este fato proporciona uma significativa redução da vazão do rio Macabu, pois em certos períodos do ano, não existe água suficiente no reservatório para verter pela tomada d'água (FREITAS et. al, 2014). Ainda segundo Freitas et. al (2014), esta barragem e transposição do rio Macabu configuram uma situação potencialmente conflituosa e de problemas ambientais na hidrodinâmica do rio, trazendo desafios enormes para o gerenciamento das águas. Necessitando, portanto, de ajustes institucionais para resolução de conflitos que estabeleçam condições sem escassez de recursos hídricos.

Essas transposições irão afetar a disponibilidade hídrica em alguns trechos das CBH. Contudo, em função da análise proposta de avaliação de riscos pela série de vazões / precipitações na bacia, os resultados aqui apresentados já incorporam seus efeitos na bacia para aquelas transposições mais antigas e não impactam as séries para aquelas retiradas mais recentes. Essas regiões impactadas pelas transposições de bacias tiveram classificação em nível mais crítica, bem como as regiões de grandes reservatórios foram aliviadas em seus riscos de estiagem

5. ANÁLISE DOS EVENTOS CRÍTICOS DE CHEIAS

A metodologia adotada para determinar a probabilidade de ocorrência de cheias nos trechos de bacia do rio Paraíba do Sul é similar à apresentada no item anterior, empregando as mesmas estações fluviométricas e registros de vazões descritas no item anterior.

O SIEMEC – Sistema de Intervenções Estruturais para Mitigação dos Efeitos das Cheias, concebido para as bacias dos rios Muriaé e Pomba, visa à definição de medidas/intervenções para mitigar os efeitos das cheias nas sub-bacias da bacia do rio Paraíba do Sul mais vulneráveis a inundações e a acidentes ambientais. Por meio desse sistema, verificou-se que, na maioria das cidades, vazões com Tr 2 anos já causavam problemas de inundações. Dessa maneira, a variável hidrológica adotada para caracterizar cheias será a vazão com tempo de retorno igual ou superior a 2 anos. Esta variável hidrológica normalmente indica escoamentos dentro da calha menor do rio onde, em média, 99% do tempo não são superadas.

Além das análises das vazões para determinar os riscos as inundações, comparou-se os valores de precipitação com Tr 2 anos em toda a bacia com os volumes anuais médios, conforme descrito no item anterior.

5.1 Precipitações Máximas e Médias Anuais no Impacto dos Eventos de Cheias

A análise das precipitações máximas para Tr 2 anos aliadas as médias anuais forneceram a caracterização de regiões com maiores probabilidade de inundações na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

As mesmas estações pluviométricas descritas no item 4.2, disponíveis no SNIRH, foram analisadas, sendo seus resultados mostrados na Figura 5.1 e no Quadro 5.2.

A distribuição espacial da precipitação máxima foi realizada através do emprego do $SPI_{máxima}$ que relaciona as precipitações Tr 2 anos com o valor médio Tr 2 anos da bacia. Foram utilizadas estações pluviométricas externas à bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, visto que permitem caracterizar regiões nos limites dos divisores de águas.

$$SPI_{máxima} = \frac{(P_{Tr\ 2\ anos\ i} - \overline{P_{Tr\ 2\ anos}})}{\sigma_{Tr\ 2\ anos}}$$

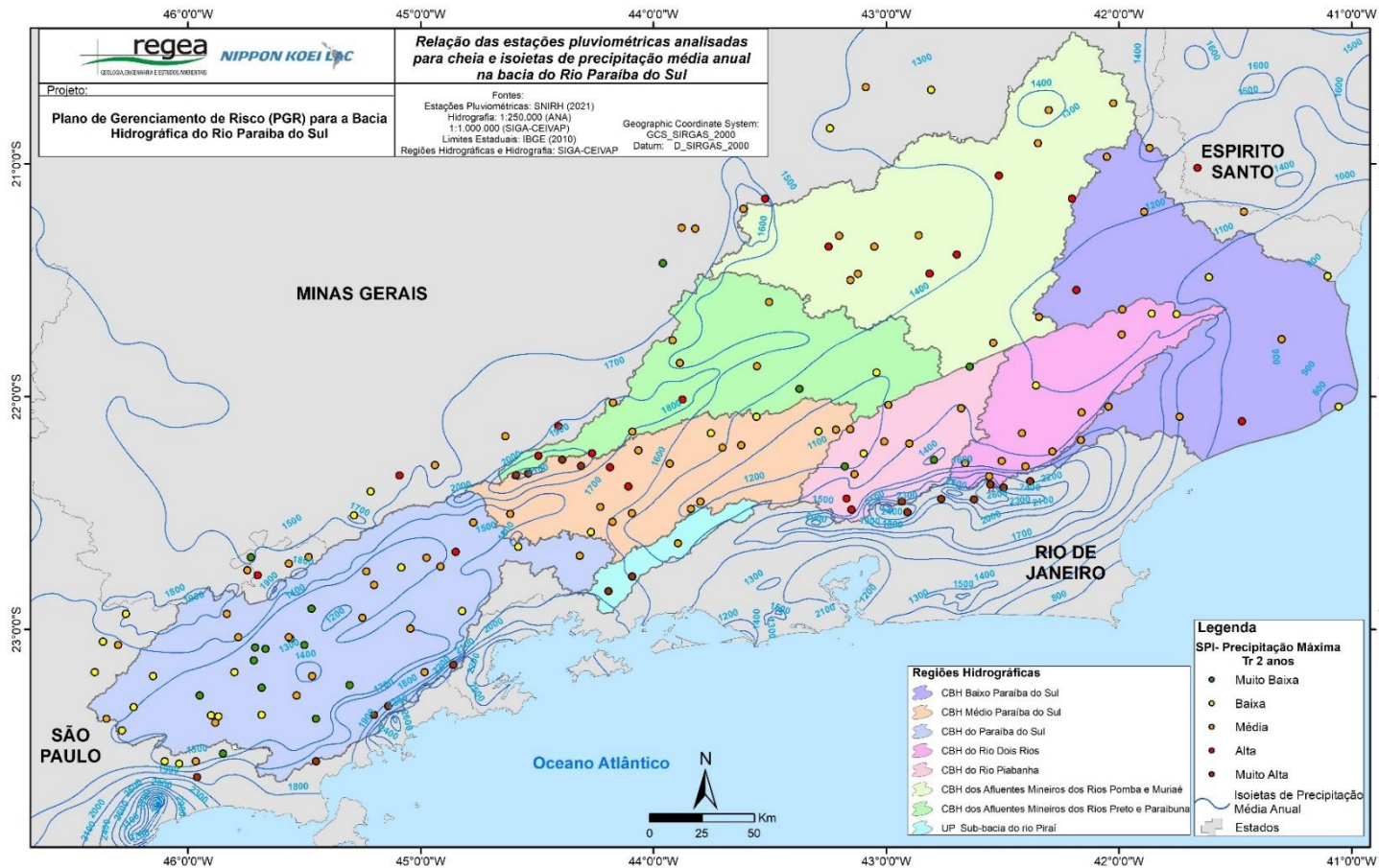
Em que:

- $P_{Tr\ 2\ anos\ i}$ é a precipitação Tr 2 anos da estação pluviométrica analisada;
- $\overline{P_{Tr\ 2\ anos}}$ é a precipitação média Tr 2 anos da bacia do rio Paraíba do Sul;
- $\sigma_{Tr\ 2\ anos}$ é o desvio padrão das precipitações Tr 2 anos das estações pluviométricas analisadas.

Foram atribuídos os seguintes graus de índices pluviométricos relativos à grandeza média na bacia, ver Quadro 5.1Quadro 4.3.

Quadro 5.1 – Classificação Relativa de Precipitação Tr 2 anos em relação ao valor médio Tr 2 anos da bacia.

$SPI_{máxima}$	$SPI_{máxima}$
$SPI_{máxima} \leq -1$	Muito Baixa
$-1 < SPI_{máxima} \leq -0,5$	Baixa
$-0,5 < SPI_{máxima} \leq 0,5$	Média
$0,5 < SPI_{máxima} \leq 1$	Alta
$SPI_{máxima} > 1$	Muito Alta



Quadro 5.2 – Estações Pluviométricas Analisadas para a Bacia do rio Paraíba do Sul (Fonte: SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – Portal HidroWeb), com $SPI_{máxima}$ e Classificação quanto à pluviosidade média na Bacia por CBH.

Código/Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Diária TR 2 anos (mm)	$SPI_{máxima}$ I - Tr 2 anos	Grandeza Relativa de Precipitação Máxima Diária Tr 2 anos na Bacia
CBH do Paraíba do Sul												
2244001	QUELUZ	QUELUZ	SÃO PAULO	-22,54	-44,77	500	1943	2021	59	75,59	-0,04	Média
2244007	SILVEIRAS	SILVEIRAS	SÃO PAULO	-22,67	-44,85	620	1969	2019	32	84,40	0,76	Alta
2244010	FAZENDA SANTA CLARA (EX BOCAINA)	CACHOEIRA PAULISTA	SÃO PAULO	-22,69	-44,98	550	1935	2020	69	72,73	-0,30	Média
2244048	CAMPOS DE CUNHA	CUNHA	SÃO PAULO	-22,92	-44,82	750	1967	2021	40	67,17	-0,80	Baixa
2244068	ITANHANDU	ITANHANDU	MINAS GERAIS	-22,29	-44,94	886	1966	2021	44	71,25	-0,43	Média
2244100	SÃO JOSÉ DO BARREIRO	SÃO JOSÉ DO BARREIRO	SÃO PAULO	-22,64	-44,58	520	1965	2016	32	69,40	-0,60	Baixa
2244124	USINA BOCAINA	CACHOEIRA PAULISTA	SÃO PAULO	-22,73	-44,92	550	1928	2016	64	76,71	0,06	Média
2244133	BANANAL	BANANAL	SÃO PAULO	-22,68	-44,32	460	1937	2016	71	72,03	-0,36	Média
2245010	FAZENDA DA GUARDA (PARQUE)	CAMPOS DO JORDÃO	SÃO PAULO	-22,69	-45,48	1501	1941	2021	58	71,22	-0,43	Média
2245011	SÃO BENTO DO SAPUCAÍ	SÃO BENTO DO SAPUCAÍ	SÃO PAULO	-22,69	-45,73	895	1941	2021	60	55,98	-1,82	Muito Baixa
2245018	VILA CAPIVARI	CAMPOS DO JORDÃO	SÃO PAULO	-22,72	-45,57	1600	1936	2020	64	71,45	-0,41	Média
2245020	LORENA	LORENA	SÃO PAULO	-22,73	-45,08	540	1957	2020	55	69,55	-0,59	Baixa

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Com- pletos	Precipi- tação Diária TR 2 anos (mm)	$SPI_{máxima}$ I - Tr 2 anos	Grandeza Relativa de Precipita- ção Máxima Diária Tr 2 anos na Bacia
2245024	FAZENDA CAPITUVA	GUARATINGUETÁ	SÃO PAULO	-22,75	-45,23	550	1957	2014	44	71,61	-0,40	Média
2245029	ZÉ DA ROSA	SANTO ANTÔNIO DO PINHAL	SÃO PAULO	-22,77	-45,70	980	1943	2020	69	82,35	0,58	Alta
2245032	UHE FUNIL GUARATINGUE TÁ	GUARATINGUETÁ	SÃO PAULO	-22,81	-45,20	558	1930	2013	63	71,57	-0,40	Média
2245048	PINDAMONHAN GABA	PINDAMONHANGAB A	SÃO PAULO	-22,91	-45,47	524	1932	2020	72	61,85	-1,29	Muito Baixa
2245053	BONFIM	APARECIDA	SÃO PAULO	-22,95	-45,25	690	1957	2011	48	71,51	-0,41	Média
2245054	MONTEIRO LOBATO	MONTEIRO LOBATO	SÃO PAULO	-22,93	-45,83	680	1939	2020	70	74,37	-0,15	Média
2245055	ESTRADA DO CUNHA	CUNHA	SÃO PAULO	-23,00	-45,04	790	1935	2020	66	73,53	-0,22	Média
2245064	DELFIN MOREIRA	DELFIN MOREIRA	MINAS GERAIS	-22,51	-45,29	1350	1941	2021	39	67,88	-0,74	Baixa
2245080	VIRGÍNIA	VIRGÍNIA	MINAS GERAIS	-22,34	-45,09	930	1941	2019	60	83,93	0,72	Alta
2245087	BAIRRO SANTA CRUZ	DELFIN MOREIRA	MINAS GERAIS	-22,41	-45,22	1083	1967	2021	35	70,45	-0,50	Baixa
2245104	SAPUCAÍ-MIRIM	SAPUCAÍ-MIRIM	MINAS GERAIS	-22,75	-45,74	None	1975	2021	31	72,59	-0,31	Média
2246090	JOANÓPOLIS	JOANÓPOLIS	SÃO PAULO	-22,93	-46,27	920	1952	2019	57	65,18	-0,98	Baixa
2344009	ALTO S. DO MAR - B. MATO LIMPO	CUNHA	SÃO PAULO	-23,15	-44,86	1239	1967	2020	44	99,78	2,16	Muito Alta
2344012	BAIRRO PARAIBUNA	CUNHA	SÃO PAULO	-23,18	-44,98	1120	1969	2018	40	75,63	-0,03	Média

CONSÓRCIO NIPPON KOEI / REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Com- pletos	Precipi- tação Diária TR 2 anos (mm)	$SPI_{máxima}$ I - Tr 2 anos	Grandeza Relativa de Precipita- ção Máxima Diária Tr 2 anos na Bacia
2345001	TAUBATÉ	TAUBATÉ	SÃO PAULO	-23,03	-45,57	610	1963	2012	42	76,61	0,06	Média
2345004	PEDREGULHO	CAÇAPAVA	SÃO PAULO	-23,03	-45,78	580	1969	2012	37	76,05	0,00	Média
2345008	CERÂMICA QUIRINO	CAÇAPAVA	SÃO PAULO	-23,08	-45,67	580	1945	2020	55	59,01	-1,54	Muito Baixa
2345012	SAPÉ	CAÇAPAVA	SÃO PAULO	-23,13	-45,72	620	1942	2020	68	64,39	-1,06	Muito Baixa
2345022	JAMBEIRO	JAMBEIRO	SÃO PAULO	-23,25	-45,68	700	1943	2012	40	63,09	-1,17	Muito Baixa
2345023	REDENÇÃO DA SERRA	REDENÇÃO DA SERRA	SÃO PAULO	-23,28	-45,53	740	1953	2020	59	72,71	-0,30	Média
2345024	JACAREÍ	JACAREÍ	SÃO PAULO	-23,28	-45,95	570	1942	2019	53	60,06	-1,45	Muito Baixa
2345032	NATIVIDADE DA SERRA	NATIVIDADE DA SERRA	SÃO PAULO	-23,38	-45,45	720	1940	2020	69	62,62	-1,22	Muito Baixa
2345034	ALFERES	PARAIBUNA	SÃO PAULO	-23,37	-45,68	670	1943	2020	54	65,00	-1,00	Baixa
2345037	SANTA BRANCA	SANTA BRANCA	SÃO PAULO	-23,40	-45,88	670	1942	2018	56	71,35	-0,42	Média
2345047	SALESÓPOLIS	SALESÓPOLIS	SÃO PAULO	-23,53	-45,85	770	1927	2020	82	62,89	-1,19	Muito Baixa
2345049	PONTE NOVA	SALESÓPOLIS	SÃO PAULO	-23,57	-45,97	800	1967	2020	47	70,61	-0,49	Média
2345062	TAUBATÉ	TAUBATÉ	SÃO PAULO	-23,04	-45,56	586	1937	2021	72	66,93	-0,82	Baixa
2345063	CAÇAPAVA	CAÇAPAVA	SÃO PAULO	-23,08	-45,71	545	1929	2021	71	63,42	-1,14	Muito Baixa
2345065	SÃO LUÍS DO PARAITINGA	SÃO LUÍS DO PARAITINGA	SÃO PAULO	-23,24	-45,31	760	1935	2020	69	62,42	-1,23	Muito Baixa

CONSÓRCIO NIPPON KOEI / REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Diária TR 2 anos (mm)	$SPI_{máxima}$ I - Tr 2 anos	Grandeza Relativa de Precipitação Máxima Diária Tr 2 anos na Bacia
2345067	PONTE ALTA 1	SÃO LUÍS DO PARAITINGA	SÃO PAULO	-23,33	-45,14	888	1936	2021	72	120,08	4,01	Muito Alta
2345071	SANTA BRANCA	SANTA BRANCA	SÃO PAULO	-23,37	-45,90	573	1952	2021	50	69,04	-0,63	Baixa
2345076	CASA GRANDE	BIRITIBA-MIRIM	SÃO PAULO	-23,63	-45,96	820	1944	2020	62	91,27	1,39	Muito Alta
2345106	UHE SANTA BRANCA BARRAMENTO	JACAREÍ	SÃO PAULO	-23,37	-45,87	599	1955	2012	50	69,03	-0,63	Baixa
2345159	FAZENDA SÃO JOÃO	TAUBATÉ	SÃO PAULO	-23,20	-45,47	660	1954	2015	53	78,18	0,20	Média
2345161	REMÉDIOS	TAUBATÉ	SÃO PAULO	-23,07	-45,50	600	1957	2020	45	50,15	-2,35	Muito Baixa
2345164	PARARANGABA	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SÃO PAULO	-23,18	-45,80	570	1960	2020	52	66,92	-0,83	Baixa
2345175	BRIET	SÃO LUÍS DO PARAITINGA	SÃO PAULO	-23,37	-45,20	815	1972	2014	40	101,52	2,32	Muito Alta
2345176	ALTO DA SERRA	NATIVIDADE DA SERRA	SÃO PAULO	-23,57	-45,45	760	1972	2020	37	123,50	4,32	Muito Alta
2346010	NAZARÉ PAULISTA	NAZARÉ PAULISTA	SÃO PAULO	-23,18	-46,40	790	1946	2020	70	69,37	-0,60	Baixa
2346019	SANTA ISABEL	SANTA ISABEL	SÃO PAULO	-23,33	-46,23	690	1937	2020	61	68,71	-0,66	Baixa
2346025	BAIRRO FAZENDA VELHA	ARUJÁ	SÃO PAULO	-23,38	-46,35	760	1937	2019	51	73,56	-0,22	Média
2346029	FAZENDA SÃO BENTO	ARUJÁ	SÃO PAULO	-23,43	-46,28	690	1961	2020	50	65,80	-0,93	Baixa
2346048	CAPIXINGA	MOGI DAS CRUZES	SÃO PAULO	-23,57	-46,10	750	1958	2011	36	69,85	-0,56	Baixa

CONSÓRCIO NIPPON KOEI / REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Diária TR 2 anos (mm)	$SPI_{máxima}$ I - Tr 2 anos	Grandeza Relativa de Precipitação Máxima Diária Tr 2 anos na Bacia
2346094	PIRACAIA	PIRACAIA	SÃO PAULO	-23,05	-46,37	790	1942	2020	62	65,17	-0,98	Baixa
2346101	BIRITIBA MIRIM	BIRITIBA-MIRIM	SÃO PAULO	-23,58	-46,04	760	1943	2020	68	68,47	-0,69	Baixa
2346334	CRIoulos	PIRACAIA	SÃO PAULO	-23,07	-46,30	900	1970	2020	37	73,02	-0,27	Média
2346344	IGARATA	IGARATA	SÃO PAULO	-23,20	-46,15	780	1972	2020	40	68,88	-0,65	Baixa
CBH do rio Pirai												
2243216	UEL VIGÁRIO DESCARGA D'ÁGUA	PIRAÍ	RIO DE JANEIRO	-22,63	-43,90	401	1949	2015	39	73,13	-0,26	Média
2244097	UHE FONTES NOVA DESVIO VARZEA	RIO CLARO	RIO DE JANEIRO	-22,77	-44,09	498	1915	2012	86	91,83	1,44	Muito Alta
2244099	UHE NILO PEÇANHA LÍDICE	RIO CLARO	RIO DE JANEIRO	-22,84	-44,19	588	1951	2012	43	94,46	1,68	Muito Alta
CBH Médio Paraíba do Sul												
2243002	BARRA DO PIRAÍ	BARRA DO PIRAÍ	RIO DE JANEIRO	-22,45	-43,80	350	1943	2020	53	72,23	-0,34	Média
2243003	PARAÍBA DO SUL	PARAÍBA DO SUL	RIO DE JANEIRO	-22,15	-43,29	300	1939	2021	72	69,49	-0,59	Baixa
2243004	CONSERVATORIA	VALENÇA	RIO DE JANEIRO	-22,29	-43,93	550	1945	2021	61	73,61	-0,22	Média
2243005	VALENÇA	VALENÇA	RIO DE JANEIRO	-22,22	-43,70	549	1944	2021	63	71,68	-0,39	Média
2243006	PENTAGNA	VALENÇA	RIO DE JANEIRO	-22,16	-43,75	497	1944	2020	61	69,08	-0,63	Baixa
2243007	TABOAS	RIO DAS FLORES	RIO DE JANEIRO	-22,21	-43,62	444	1941	2020	64	78,21	0,20	Média

CONSÓRCIO NIPPON KOEI / REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Diária TR 2 anos (mm)	$SPI_{máxima}$ I - Tr 2 anos	Grandeza Relativa de Precipitação Máxima Diária Tr 2 anos na Bacia
2243008	MANUEL DUARTE	RIO DAS FLORES	RIO DE JANEIRO	-22,09	-43,56	396	1942	2021	63	68,72	-0,66	Baixa
2243205	UEL SANTA CECÍLIA BARRAMENTO	BARRA DO PIRAÍ	RIO DE JANEIRO	-22,48	-43,84	356	1920	2012	78	79,66	0,33	Média
2243206	UHE ILHA DOS POMBOS TRÊS RIOS	TRÊS RIOS	RIO DE JANEIRO	-22,14	-43,22	679	1946	2012	43	75,20	-0,07	Média
2244030	NHANGAPI	RESENDE	RIO DE JANEIRO	-22,50	-44,62	440	1956	2020	47	73,78	-0,20	Média
2244033	SANTA ISABEL DO RIO PRETO	VALENÇA	RIO DE JANEIRO	-22,23	-44,06	544	1942	2021	66	79,26	0,30	Média
2244034	RIBEIRÃO DE SÃO JOAQUIM	BARRA MANSA	RIO DE JANEIRO	-22,30	-44,19	620	1942	2021	66	86,25	0,93	Alta
2244037	FUMAÇA	RESENDE	RIO DE JANEIRO	-22,30	-44,31	720	1947	2021	61	94,41	1,67	Muito Alta
2244038	PONTE DO SOUZA	RESENDE	RIO DE JANEIRO	-22,27	-44,39	950	1939	2021	66	88,86	1,17	Muito Alta
2244039	FAZENDA AGULHAS NEGRAS	RESENDE	RIO DE JANEIRO	-22,34	-44,59	1245	1941	2020	65	95,78	1,80	Muito Alta
2244041	VOLTA REDONDA	VOLTA REDONDA	RIO DE JANEIRO	-22,50	-44,09	360	1943	2021	59	76,54	0,05	Média
2244042	UHE FUNIL JUSANTE 2	BARRA MANSA	RIO DE JANEIRO	-22,54	-44,18	374	1940	2016	56	74,88	-0,10	Média
2244043	RIALTO	BARRA MANSA	RIO DE JANEIRO	-22,58	-44,27	None	1951	2020	44	66,19	-0,89	Baixa
2244044	GLICÉRIO	BARRA MANSA	RIO DE JANEIRO	-22,47	-44,23	390	1967	2021	42	71,40	-0,42	Média

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Diária TR 2 anos (mm)	$SPI_{máxima}$ I - Tr 2 anos	Grandeza Relativa de Precipitação Máxima Diária Tr 2 anos na Bacia
2244045	NOSSA SENHORA DO AMPARO	BARRA MANSA	RIO DE JANEIRO	-22,39	-44,11	400	1968	2021	40	86,01	0,91	Alta
2244047	VISCONDE DE MAUÁ (ESC. AGROT)	RESENDE	RIO DE JANEIRO	-22,33	-44,54	1030	1937	2020	66	98,55	2,05	Muito Alta
CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraíba												
2143008	IBERTIOGA	IBERTIOGA	MINAS GERAIS	-21,43	-43,96	980	1941	2021	63	63,13	-1,17	Muito Baixa
2143011	CONCEIÇÃO DO IBITIPOCA	LIMA DUARTE	MINAS GERAIS	-21,76	-43,92	970	1941	2021	67	78,89	0,26	Média
2143013	ESTEVÃO PINTO	MAR DE ESPANHA	MINAS GERAIS	-21,90	-43,04	452	1943	2021	63	66,46	-0,87	Baixa
2143016	TORREÕES	JUIZ DE FORA	MINAS GERAIS	-21,87	-43,56	442	1943	2021	59	79,51	0,32	Média
2143019	USINA BRUMADO	LIMA DUARTE	MINAS GERAIS	-21,86	-43,89	710	1944	2020	64	73,01	-0,27	Média
2143020	CHAPEU D'UVAS	JUIZ DE FORA	MINAS GERAIS	-21,59	-43,50	720	1950	2020	54	80,73	0,43	Média
2143021	SOBRAJI	BELMIRO BRAGA	MINAS GERAIS	-21,97	-43,37	451	1952	2021	48	58,03	-1,63	Muito Baixa
2243202	FAZENDA SÃO GABRIEL	RIO PRETO	MINAS GERAIS	-22,01	-43,88	798	1946	2021	62	84,29	0,75	Alta
2244035	SANTA RITA DO JACUTINGA	SANTA RITA DO JACUTINGA	MINAS GERAIS	-22,15	-44,09	530	1935	2021	71	81,40	0,49	Média
2244036	ZELINDA	PASSA VINTE	MINAS GERAIS	-22,24	-44,26	550	1935	2021	66	85,15	0,83	Alta
2244057	PONTE DO COSTA	BOCAINA DE MINAS	MINAS GERAIS	-22,13	-44,41	1153	1941	2019	62	82,77	0,62	Alta

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Diária TR 2 anos (mm)	$SPI_{máxima}$ I - Tr 2 anos	Grandeza Relativa de Precipitação Máxima Diária Tr 2 anos na Bacia
2244058	MIRANTÃO (CAPELINHA DAS FLORES)	BOCAINA DE MINAS	MINAS GERAIS	-22,25	-44,50	978	1971	2021	36	83,13	0,65	Alta
2244064	PEDREIRA (PACAU)	BOM JARDIM DE MINAS	MINAS GERAIS	-22,03	-44,17	1230	1968	2019	41	75,33	-0,06	Média
2244065	ALAGOA	ALAGOA	MINAS GERAIS	-22,17	-44,64	1036	1942	2021	68	81,24	0,48	Média
CBH do Rio Piabanha												
2142014	PAQUEQUER	CARMO	RIO DE JANEIRO	-21,87	-42,64	143	1956	2021	58	62,67	-1,21	Muito Baixa
2242012	REPRESA DO PARAÍSO	MAGÉ	RIO DE JANEIRO	-22,50	-42,91	44	1967	2020	46	101,54	2,32	Muito Alta
2242013	FAZENDA DO CARMO	CACHOEIRAS DE MACACU	RIO DE JANEIRO	-22,44	-42,76	51	1967	2020	48	96,33	1,85	Muito Alta
2242026	BOM SUCESSO	TERESÓPOLIS	RIO DE JANEIRO	-22,27	-42,79	870	1965	2021	39	63,57	-1,13	Muito Baixa
2242027	FAZENDA SOBRADINHO	TERESÓPOLIS	RIO DE JANEIRO	-22,20	-42,90	650	1936	2021	71	73,90	-0,19	Média
2242028	ANTA	SAPUCAIA	RIO DE JANEIRO	-22,04	-42,99	230	1944	2021	65	71,67	-0,39	Média
2242029	SUMIDOURO	SUMIDOURO	RIO DE JANEIRO	-22,05	-42,68	346	1951	2021	56	81,28	0,48	Média
2242072	TERESÓPOLIS	TERESÓPOLIS	RIO DE JANEIRO	-22,45	-42,93	874	1913	2012	52	87,08	1,01	Muito Alta
2243010	ITAMARATI - SE	PETRÓPOLIS	RIO DE JANEIRO	-22,49	-43,15	1085	1938	2021	68	85,17	0,83	Alta
2243011	RIO DA CIDADE	PETRÓPOLIS	RIO DE JANEIRO	-22,44	-43,17	704	1938	2020	68	81,76	0,52	Alta
2243012	PEDRO DO RIO	PETRÓPOLIS	RIO DE JANEIRO	-22,33	-43,14	645	1938	2021	68	70,88	-0,47	Média

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Com- pletos	Precipi- tação Diária TR 2 anos (mm)	$SPI_{máxima}$ I - Tr 2 anos	Grandeza Relativa de Precipita- ção Máxima Diária Tr 2 anos na Bacia
2243013	AREAL (GRANJA GABI)	TRÊS RIOS	RIO DE JANEIRO	-22,24	-43,10	450	1939	2021	68	69,61	-0,58	Baixa
2243014	FAGUNDES	PETRÓPOLIS	RIO DE JANEIRO	-22,30	-43,18	460	1938	2020	64	59,00	-1,55	Muito Baixa
2243015	MOURA BRASIL	TRÊS RIOS	RIO DE JANEIRO	-22,14	-43,15	278	1936	2020	71	75,77	-0,02	Média
2243016	MORELI (PARADA MORELI)	PETRÓPOLIS	RIO DE JANEIRO	-22,19	-43,01	600	1955	2021	51	71,57	-0,40	Média
CBH do Rio Dois Rios												
2141005	SÃO FIDELIS	SÃO FIDÉLIS	RIO DE JANEIRO	-21,65	-41,75	10	1939	2021	60	66,58	-0,86	Baixa
2141006	DOIS RIOS	SÃO FIDÉLIS	RIO DE JANEIRO	-21,64	-41,86	50	1939	2020	69	65,11	-0,99	Baixa
2141100	PONTO DE PERGUNTA	ITAOCARA	RIO DE JANEIRO	-21,73	-41,99	61	1965	2021	42	72,42	-0,33	Média
2142022	ALDEIA	CANTAGALO	RIO DE JANEIRO	-21,95	-42,36	376	1939	2020	66	67,10	-0,81	Baixa
2242004	GALDINÓPOLIS	NOVA FRIBURGO	RIO DE JANEIRO	-22,36	-42,38	740	1950	2021	69	94,64	1,69	Muito Alta
2242005	FAZENDA SÃO JOÃO	NOVA FRIBURGO	RIO DE JANEIRO	-22,39	-42,49	960	1967	2021	50	106,67	2,79	Muito Alta
2242016	FAZENDA SÃO JOAQUIM	CACHOEIRAS DE MACACU	RIO DE JANEIRO	-22,44	-42,62	275	1967	2020	46	101,80	2,35	Muito Alta
2242017	VISCONDE DE IMBE	TRAJANO DE MORAIS	RIO DE JANEIRO	-22,07	-42,16	334	1965	2021	43	74,02	-0,18	Média
2242018	BARRA ALEGRE	BOM JARDIM	RIO DE JANEIRO	-22,24	-42,29	650	1965	2020	43	72,84	-0,29	Média
2242019	VARGEM ALTA	BOM JARDIM	RIO DE JANEIRO	-22,30	-42,40	1100	1965	2021	43	78,87	0,26	Média

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Diária TR 2 anos (mm)	$SPI_{máxima}$ I - Tr 2 anos	Grandeza Relativa de Precipitação Máxima Diária Tr 2 anos na Bacia
2242020	VARGEM GRANDE	NOVA FRIBURGO	RIO DE JANEIRO	-22,28	-42,50	680	1965	2020	40	75,74	-0,02	Média
2242021	BOM JARDIM	BOM JARDIM	RIO DE JANEIRO	-22,16	-42,42	530	1941	2021	65	71,61	-0,40	Média
2242022	FAZENDA MENDES	NOVA FRIBURGO	RIO DE JANEIRO	-22,29	-42,66	1010	1949	2021	56	70,89	-0,46	Média
2242024	TEODORO DE OLIVEIRA	NOVA FRIBURGO	RIO DE JANEIRO	-22,38	-42,55	1105	1965	2020	48	111,37	3,22	Muito Alta
2242025	CASCATINHA DO CONEGO	NOVA FRIBURGO	RIO DE JANEIRO	-22,34	-42,56	1210	1967	2021	39	70,93	-0,46	Média
CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé												
2042000	CARANGOLA	CARANGOLA	MINAS GERAIS	-20,74	-42,02	399	1935	2021	57	70,75	-0,48	Média
2042010	ABRE CAMPO	ABRE CAMPO	MINAS GERAIS	-20,30	-42,48	532	1941	2021	72	69,97	-0,55	Baixa
2042014	BICUIBA	SÃO FRANCISCO DO GLÓRIA	MINAS GERAIS	-20,77	-42,30	630	1962	2020	42	70,58	-0,49	Média
2042016	SÃO MIGUEL DO ANTA	SÃO MIGUEL DO ANTA	MINAS GERAIS	-20,68	-42,81	583	1967	2020	49	69,15	-0,62	Baixa
2042017	MATIPÓ	MATIPÓ	MINAS GERAIS	-20,28	-42,33	595	1967	2021	48	71,08	-0,45	Média
2043014	PORTO FIRME	PORTO FIRME	MINAS GERAIS	-20,67	-43,09	598	1941	2020	74	78,26	0,21	Média
2043026	BRAZ PIRES	BRÁS PIRES	MINAS GERAIS	-20,85	-43,24	632	1967	2020	42	68,85	-0,65	Baixa
2142000	ASTOLFO DUTRA	ASTOLFO DUTRA	MINAS GERAIS	-21,31	-42,86	231	1939	2021	59	79,78	0,34	Média
2142001	CATAGUASES	CATAGUASES	MINAS GERAIS	-21,39	-42,70	182	1939	2021	63	84,81	0,80	Alta
2142002	PATROCÍNIO DO MURIAÉ	PATROCÍNIO DO MURIAÉ	MINAS GERAIS	-21,15	-42,20	177	1935	2020	72	83,58	0,69	Alta

CONSÓRCIO NIPPON KOEI / REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Completos	Precipitação Diária TR 2 anos (mm)	$SPI_{máxima}$ I - Tr 2 anos	Grandeza Relativa de Precipitação Máxima Diária Tr 2 anos na Bacia
2142004	FAZENDA Uмбаúbas	MURIAÉ	MINAS GERAIS	-21,05	-42,52	490	1943	2021	58	82,43	0,58	Alta
2142006	USINA MAURÍCIO	ITAMARATI DE MINAS	MINAS GERAIS	-21,47	-42,81	214	1943	2021	58	85,46	0,86	Alta
2142007	FAZENDA DA BARRA (PIRAPETINGA)	PIRAPETINGA	MINAS GERAIS	-21,66	-42,34	152	1960	2021	47	75,18	-0,07	Média
2142008	VOLTA GRANDE	VOLTA GRANDE	MINAS GERAIS	-21,77	-42,54	214	1962	2021	43	77,43	0,13	Média
2142009	JUSSARA	MIRADOURO	MINAS GERAIS	-20,91	-42,35	419	1964	2020	33	77,34	0,12	Média
2143000	USINA ITUERÊ	RIO POMBA	MINAS GERAIS	-21,31	-43,20	512	1935	2021	60	71,26	-0,43	Média
2143001	GUARANI	GUARANI	MINAS GERAIS	-21,36	-43,05	398	1941	2020	66	71,35	-0,42	Média
2143003	DESTERRO DO MELO	DESTERRO DO MELO	MINAS GERAIS	-21,15	-43,52	780	1941	2021	73	83,70	0,70	Alta
2143005	CAMPOLIDE	ANTÔNIO CARLOS	MINAS GERAIS	-21,28	-43,82	997	1941	2021	73	78,54	0,23	Média
2143007	VARGEM DO ENGENHO	BARBACENA	MINAS GERAIS	-21,19	-43,61	1120	1941	2020	64	73,18	-0,26	Média
2143009	USINA BARBACENA	BARBACENA	MINAS GERAIS	-21,27	-43,88	1030	1941	2020	59	74,16	-0,17	Média
2143017	TABULEIRO	TABULEIRO	MINAS GERAIS	-21,36	-43,25	502	1943	2021	60	86,11	0,92	Alta
2143018	RIO NOVO	RIO NOVO	MINAS GERAIS	-21,47	-43,12	397	1944	2021	61	74,99	-0,09	Média
2143022	PIAU	PIAU	MINAS GERAIS	-21,50	-43,15	472	1957	2021	45	71,15	-0,44	Média
CBH Baixo Paraíba do Sul												

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Com- pletos	Precipi- tação Diária TR 2 anos (mm)	$SPI_{máxima}$ I - Tr 2 anos	Grandeza Relativa de Precipita- ção Máxima Diária Tr 2 anos na Bacia
2041046	VARRE - SAI	NATIVIDADE	RIO DE JANEIRO	-20,93	-41,87	688	1967	2021	50	78,80	0,25	Média
2042027	PORCIUNCULA	PORCIÚNCULA	RIO DE JANEIRO	-20,97	-42,05	188	1939	2020	67	74,92	-0,10	Média
2141001	SÃO FRANCISCO PAULA - CACIMBAS	SÃO JOÃO DA BARRA	RIO DE JANEIRO	-21,48	-41,10	15	1972	2021	44	69,12	-0,63	Baixa
2141002	CAMPOS - PONTE MUNICIPAL	CAMPO DOS GOYTACAZES	RIO DE JANEIRO	-21,75	-41,30	14	1945	2021	38	77,09	0,10	Média
2141003	CARDOSO MOREIRA	CAMPO DOS GOYTACAZES	RIO DE JANEIRO	-21,49	-41,61	29	1939	2021	70	65,40	-0,96	Baixa
2141004	ITAPERUNA	ITAPERUNA	RIO DE JANEIRO	-21,21	-41,89	110	1942	2021	47	74,17	-0,17	Média
2141007	TRÊS IRMÃOS	CAMBUCI	RIO DE JANEIRO	-21,63	-41,99	42	1943	2021	64	73,86	-0,19	Média
2141014	PONTE DO ITABAPOANA	MIMOSO DO SUL	ESPÍRITO SANTO	-21,21	-41,46	59	1937	2020	81	74,72	-0,12	Média
2141016	SÃO JOSÉ DO CALÇADO	SÃO JOSÉ DO CALÇADO	ESPÍRITO SANTO	-21,02	-41,66	150	1952	2021	63	82,50	0,59	Alta
2142058	SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	RIO DE JANEIRO	-21,54	-42,18	70	1966	2021	41	81,50	0,50	Alta
2241001	FAROL DE SÃO TOMÉ	CAMPO DOS GOYTACAZES	RIO DE JANEIRO	-22,04	-41,06	2	1966	2021	50	66,28	-0,88	Baixa
2241002	USINA QUISSAMA	MACAÉ	RIO DE JANEIRO	-22,11	-41,47	15	1966	2021	48	81,93	0,54	Alta

CONSÓRCIO NIPPON KOEI / REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303

Código/ Estação Pluviométrica	Nome	Município	Estado	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Início da série	Fim da série	Anos Com- pletos	Precipi- tação Diária TR 2 anos (mm)	$SPI_{máxima}$ I - Tr 2 anos	Grandeza Relativa de Precipita- ção Máxima Diária Tr 2 anos na Bacia
2241003	MACABUZINHO	CONCEIÇÃO DE MACABU	RIO DE JANEIRO	-22,09	-41,74	19	1943	2021	70	81,32	0,48	Média
2242001	LEITÃO DA CUNHA	TRAJANO DE MORAIS	RIO DE JANEIRO	-22,04	-42,04	425	1965	2021	51	80,65	0,42	Média
2242002	MARIA MENDONÇA	TRAJANO DE MORAIS	RIO DE JANEIRO	-22,19	-42,16	800	1965	2020	51	81,23	0,48	Média

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

5.2 Classificação Quanto ao Riscos de Cheias Pelas Vazões e Precipitações Registradas

Para o estudo em questão, foi desenvolvido um índice de cheia (*Dias no Ano*_{≥Tr 2 anos}), associado à duração em dias e frequência anual de cheias, calculada a partir da seguinte formulação:

$$\frac{\text{Dias no Ano}_{\geq Tr 2 \text{ anos}}}{n \cdot 365} = \frac{\sum_1^n (\text{Dias sucessivos com vazões} \geq Tr 2 \text{ anos})}{n \cdot 365}$$

Sendo:

- n é o número de anos com registros completos, sendo n>10 anos;
- *Dias no Ano*_{≥Tr 2 anos} é a média anual de dias com vazões iguais e superiores a vazão com Tr 2 anos histórica.

As estações fluviométricas empregadas foram aquelas com registros superiores a 10 anos, mesmas empregadas para estudo de secas prolongadas.

A graduação da probabilidade de ocorrência (P) de cheias adotada para a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul pode ser visto no Quadro 5.3. A ocorrência anual de cheias já é um indicativo importante para gestão de ocupação das várzeas de inundações, o que é bastante comum na bacia do rio Paraíba do Sul, visto que, a maioria dos centros urbanos estão adjacentes aos principais cursos de água.

Quadro 5.3 – Probabilidade de ocorrência (P) de cheia em função do índice

*Dias no Ano*_{≥Tr 2 anos}

Probabilidade (P)	Muito Baixa	Baixa	Médio	Alta	Muito Alta
<u><i>Dias no Ano</i>_{≥Tr 2 anos}</u>	≤ 1 dia	1-3 dias	3-5 dias	5-7 dias	≥7 dias

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

O Quadro 5.4 apresenta os resultados de *Dias no Ano*_{≥Tr 2 anos} para todas as estações fluviométricas com mais de 10 anos de registros completos, identificadas no SNIRH. No quadro em questão, são realçadas as estações fluviométricas com registros dentro de um período mínimo comum (1980 a 2010) que foram empregadas para espacializar a informação e classificar quanto ao risco de cheias. Isso se dá devido à variabilidade temporal das séries fluviométricas registradas e evolução da ocupação do uso do solo na região, como, por exemplo, inserção de reservatórios e modificações do uso do solo.

Observa-se as seguintes classificações quanto aos riscos para cheia:

- CBH – Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul com probabilidades que variam entre “Muito Baixa” a “Muito Alta”, mas com o trecho principal do rio Paraíba do Sul predominantemente classificado como “Alta” e “Muito Alta”. As precipitações máximas indicam valores “Muito Baixa” a “Média”. A classificação do rio Paraíba do Sul será na calha como “Muito Alta”, e, nas adjacências, na média, como “Média”;
- CBH Médio Paraíba do Sul têm probabilidades de cheias que variam de “Baixa” a “Muito Alto”. Na cabeceira da CBH foi classificado como “Muito Alto”, e, na medida que se propaga para jusante, passa para risco “Médio”;
- CBH Piraí está classificado como “Muito Alto”, a montante das barragens, até “Médio”, devido a presença de reservatórios;
- CBH do Piabanha, o risco de cheias é bem diversificado, passando de “Alta” e “Muito Alta” nas cabeceiras, em função dos altos índices pluviométricos, até “Médio” na porção mais a jusante;
- CBH Rio Dois Rios, existem classificação “Baixa” a “Muito Alta” de riscos a cheias quando se verificar as vazões, com pontos de precipitação “Muito Alta” na cabeceira. Em sua maioria pode-se classificar como risco a cheias “Médio”.
- CBH Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna, indica índices “Baixos” a “Médios” de riscos a cheias. Na cabeceira da bacia, pode-se classificar os riscos como “Alto” em função da “Muita Alta” pluviosidade na região;
- CBH Afluentes Mineiros do Rio Pombas e Muriaé são, em sua maioria territorial, com classificação “Baixa” a “Muito Baixa” quando se verificar as vazões. Contudo, ao se verificar as precipitações máximas, percebe-se valores “Altos a Muito Altos”, o que parece razoável adotar para classificação quanto a cheias, riscos “Altos”. Aliado a isso existem estudos do SIEMEC e do SISPREC que apontam registros de frequentes cheias;
- Na CBH Baixo Paraíba do Sul encontra-se sem estações fluviométricas dentro dos parâmetros analisados, portanto, devido aos estudos do SIEMEC, SISPREC e precipitações registradas bem diversificada com níveis “Médios” e “Muito Altos”, a região foi classificada com o risco “Médio”.

A Figura 5.3 ilustra o panorama geral das cheias da bacia hidrográfica, considerando as 66 estações fluviométricas destacadas em negrito Quadro 5.4. Vale observar o efeito dos reservatórios no amortecimento das cheias na bacia, traduzido pelos registros de dias de vazões acima de Tr 2 anos na estação fluviométrica 58630002 (ANTA) no rio Paraíba do Sul no município de Sapucaia-RJ (Figura 5.2).

Dias por ano com vazão superior à QTR 2 anos
Estação 58630002, Rio Paraíba Do Sul, área de drenagem = 32700.0 km²

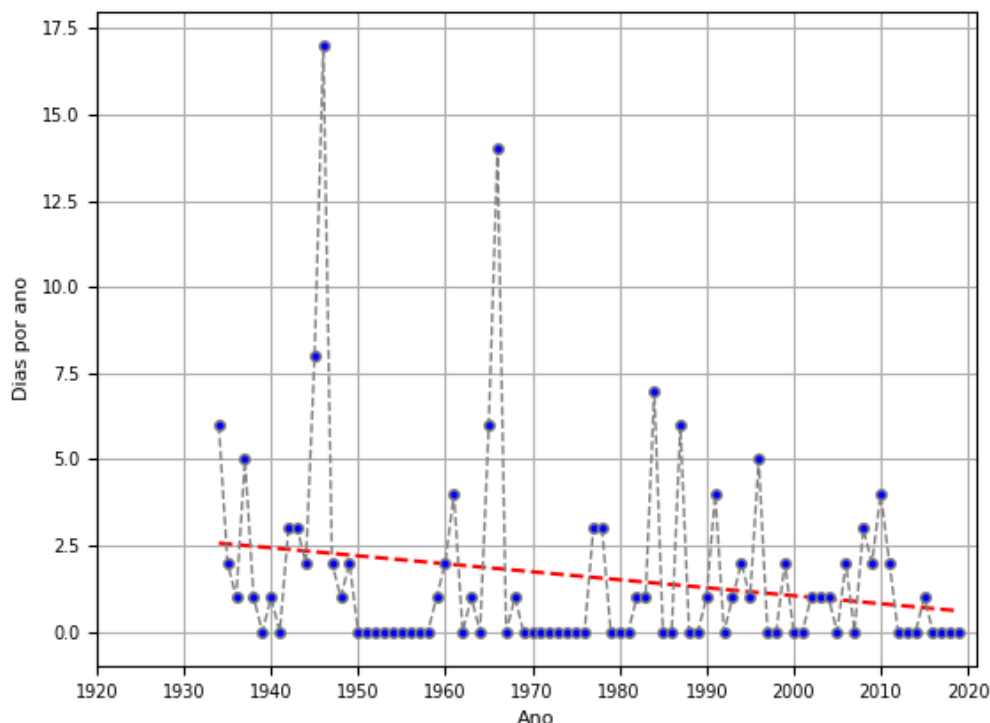


Figura 5.2 – Série de dias por ano que registrou vazões superiores a Tr 2 anos na estação fluviométrica 58630002 (ANTA). Linha vermelha = tendência

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Os resultados dessas probabilidades serão cruzados com os resultados da modelagem matemática, do Sistema de Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul – SISPREC desenvolvido pela ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, para avaliação dos danos potenciais, o que ocorrerá na etapa seguinte deste estudo.

Quadro 5.4 – Estações Fluviométricas analisadas para eventos de cheias na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

Código/Estação Fluviométrica	Nome	Curso d'água	Estado	Município	Área de drenagem (km ²)	Latitude (°)	Longitude (°)	Início da Série	Fim da Série	Anos Completos	Média Anual de Dias maior que vazão TR2 anos	Probabilidade (cheia)
CBH do Paraíba do Sul												
58155000	CERÂMICA QUIRINO	RIBEIRÃO CACAPAVA VELHA	SÃO PAULO	CAÇAPAVA	31	-23,07	-45,67	1957	1998	34	1	Muito Baixa
58215000	FAZENDA SANTA CATARINA	RIBEIRÃO DOS MACACOS	SÃO PAULO	LORENA	36	-22,70	-45,14	1969	1999	26	1	Baixa
58217500	PITEU	RIBEIRÃO PALMITAL	SÃO PAULO	CACHOEIRA PAULISTA	39	-22,67	-45,02	1973	1997	20	2	Baixa
58147000	PARARANGABA	RIO PARARANGABA	SÃO PAULO	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	50	-23,18	-45,80	1960	2011	31	3	Média
58185000	PINDAMONHANGABA	RIBEIRÃO DO PINHÃO	SÃO PAULO	PINDAMONHANGABA	80	-22,93	-45,44	1955	1998	41	1	Baixa
58194000	FAZENDA SAPUCAIA	RIBEIRÃO TETEQUERA	SÃO PAULO	PINDAMONHANGABA	117	-22,82	-45,37	1957	1975	17	2	Baixa
58211000	COLÔNIA PIAGUI	RIO PIAGUI	SÃO PAULO	GUARATINGUETÁ	171	-22,74	-45,20	1971	2002	29	1	Baixa
58227000	EMBAU	RIBEIRÃO EMBAÚ	SÃO PAULO	CACHOEIRA PAULISTA	179	-22,60	-45,04	1970	1996	22	1	Muito Baixa
58220000	FAZENDA SANTA CLARA	RIO BOCAINA	SÃO PAULO	CACHOEIRA PAULISTA	240	-22,69	-44,98	1935	2020	83	1	Baixa
58060000	PONTE ALTA 1	RIO PARAÍBUNA	SÃO PAULO	SÃO LUÍS DO PARAITINGA	277	-23,33	-45,14	1933	2021	86	1	Muito Baixa
58122000	USINA DO TURVO	RIO DO PEIXE	SÃO PAULO	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	352	-23,09	-46,02	1952	1969	17	1	Muito Baixa
58142200	BUQUIRINHA II	RIO BUQUIRA OU FERRÃO	SÃO PAULO	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	407	-23,12	-45,91	1979	2021	33	1	Muito Baixa

Código/Estação Fluviométrica	Nome	Curso d'água	Estado	Município	Área de drenagem (km ²)	Latitude (°)	Longitude (°)	Início da Série	Fim da Série	Anos Completos	Média Anual de Dias maior que vazão TR2 anos	Probabilidade (cheia)
58068000	UHE PARAIBUNA FAZENDA PALMEIRAS	RIO PARAÍBUNA	SÃO PAULO	NATIVIDADE DA SERRA	437	-23,42	-45,29	1964	1983	17	1	Muito Baixa
58177000	FAZENDA MODELO	RIO UNA	SÃO PAULO	TREMEMBÉ	465	-22,98	-45,50	1954	1978	16	1	Muito Baixa
58126000	IGARATA 1	RIO DO PEIXE	SÃO PAULO	IGARATA	692	-23,19	-46,09	1935	1969	33	1	Baixa
58030000	ESTRADA DO CUNHA	RIO PARAITINGA	SÃO PAULO	CUNHA	796	-22,99	-45,04	1934	2020	84	2	Baixa
58128100	UHE JAGUARI BARRAMENTO	RIO JAGUARI	SÃO PAULO	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	1.300	-23,19	-46,03	1995	2015	20	22	Muito Alta
58040000	SÃO LUÍS DO PARAITINGA	RIO PARAITINGA	SÃO PAULO	SÃO LUÍS DO PARAITINGA	1.950	-23,24	-45,31	1988	2020	31	2	Baixa
58087300	UHE PARAIBUNA JUSANTE	RIO PARAÍBUNA	SÃO PAULO	PARAIBUNA	4.150	-23,41	-45,61	1969	2012	11	11	Muito Alta
58096000	UHE SANTA BRANCA JUSANTE	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	JACAREÍ	4.920	-23,37	-45,88	1956	2012	51	7	Muito Alta
58099000	SANTA BRANCA	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	SANTA BRANCA	4.940	-23,37	-45,90	1952	2021	63	7	Alta
58105300	UHE SANTA BRANCA GUARAREMA	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	GUARAREMA	5.210	-23,42	-46,02	1998	2015	18	18	Muito Alta
58110000	UHE SANTA BRANCA JACAREÍ	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	JACAREÍ	5.470	-23,31	-45,97	1931	1972	39	2	Baixa
58110002	JACAREÍ	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	JACAREÍ	5.470	-23,31	-45,98	2000	2020	17	14	Muito Alta
58182500	PONTE DE PINDAMONHANGABA	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	PINDAMONHANGABA	9.600	-22,91	-45,47	1983	2000	16	4	Média
58183000	PINDAMONHANGABA	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	PINDAMONHANGABA	9.600	-22,91	-45,47	1926	2020	92	9	Muito Alta

CONSÓRCIO NIPPON KOEI / REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303

Código/Estação Fluviométrica	Nome	Curso d'água	Estado	Município	Área de drenagem (km ²)	Latitude (°)	Longitude (°)	Início da Série	Fim da Série	Anos Completos	Média Anual de Dias maior que vazão TR2 anos	Probabilidade (cheia)
58192000	VÁRZEA DO PARAÍBA	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	PINDAMONHANGABA	9.770	-22,87	-45,41	1959	1999	39	10	Muito Alta
58201000	POTIM	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	GUARATINGUETÁ	10.300	-22,84	-45,25	1969	2001	29	5	Alta
58214000	LORENA / PIQUETE	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	LORENA	11.200	-22,70	-45,12	1964	1992	19	11	Muito Alta
58218000	UHE FUNIL MONTANTE 2	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	CACHOEIRA PAULISTA	11.500	-22,66	-45,01	1922	2016	83	7	Muito Alta
58230100	CRUZEIRO	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	CRUZEIRO	12.200	-22,59	-44,96	1971	2001	29	5	Média
58235000	UHE FUNIL MONTANTE 1	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	QUELUZ	12.800	-22,54	-44,77	1934	2016	70	6	Alta
58235100	QUELUZ	RIO PARAÍBA DO SUL	SÃO PAULO	QUELUZ	12.800	-22,54	-44,77	1934	2021	77	6	Alta
CBH do rio Pirai												
58350001	UEL VIGÁRIO FAZENDA NOVA ESPERANÇA	RIO PIRAI	RIO DE JANEIRO	PIRAÍ	626	-22,66	-43,96	1998	2012	12	2	Baixa
58335000	UHE NILO PEÇANHA LÍDICE	RIO PIRAI	RIO DE JANEIRO	RIO CLARO	-	-22,83	-44,20	1951	1996	34	1	Muito Baixa
CBH Médio Paraíba do Sul												
58525000	VISCONDE DE MAUÁ	RIO PRETO	RIO DE JANEIRO	RESENDE	103	-22,33	-44,54	1951	2020	65	1	Baixa
58560000	VALENÇA	RIO DAS FLORES	RIO DE JANEIRO	VALENÇA	173	-22,22	-43,71	1948	2019	70	1	Baixa
58258000	PONTE NOVA	RIO PIRAPETINGA	RIO DE JANEIRO	RESENDE	190	-22,39	-44,42	1968	2018	47	1	Baixa
58573000	PENTAGNA	RIO BONITO	RIO DE JANEIRO	VALENÇA	256	-22,16	-43,75	1968	2018	50	2	Baixa

Código/Estação Fluviométrica	Nome	Curso d'água	Estado	Município	Área de drenagem (km ²)	Latitude (°)	Longitude (°)	Início da Série	Fim da Série	Anos Completos	Média Anual de Dias maior que vazão TR2 anos	Probabilidade (cheia)
58530000	PONTE DO SOUZA	RIO PRETO	RIO DE JANEIRO	RESENDE	284	-22,27	-44,39	1936	2021	84	1	Baixa
58287000	RIALTO	RIO BANANAL	RIO DE JANEIRO	BARRA MANSA	342	-22,59	-44,27	1955	2020	42	1	Baixa
58286000	UHE FUNIL RIO BANANAL	RIO BANANAL	RIO DE JANEIRO	BARRA MANSA	389	-22,54	-44,24	2002	2016	14	1	Muito Baixa
58270000	GLICÉRIO	RIO TURVO	RIO DE JANEIRO	BARRA MANSA	407	-22,48	-44,23	1967	2018	43	1	Baixa
58585000	MANUEL DUARTE	RIO PRETO	RIO DE JANEIRO	RIO DAS FLORES	3.110	-22,08	-43,56	1948	2020	71	1	Baixa
58620000	UHE ILHA DOS POMBOS FAZENDA PIRACEMA	RIO PARAÍBUNA	RIO DE JANEIRO	TRÊS RIOS	8.560	-22,09	-43,15	1952	2012	43	3	Baixa
58240080	UHE FUNIL BARRAMENTO	RIO PARAÍBA DO SUL	RIO DE JANEIRO	ITATIAIA	13.400	-22,53	-44,57	1995	2015	20	5	Média
58242000	UHE FUNIL JUSANTE 1	RIO PARAÍBA DO SUL	RIO DE JANEIRO	ITATIAIA	13.400	-22,50	-44,55	1956	2016	41	4	Média
58300000	UHE FUNIL JUSANTE 2	RIO PARAÍBA DO SUL	RIO DE JANEIRO	BARRA MANSA	15.800	-22,54	-44,18	1940	2016	62	5	Média
58305001	VOLTA REDONDA	RIO PARAÍBA DO SUL	RIO DE JANEIRO	VOLTA REDONDA	16.000	-22,50	-44,09	1940	2021	66	4	Média
58380001	PARAÍBA DO SUL	RIO PARAÍBA DO SUL	RIO DE JANEIRO	PARAÍBA DO SUL	21.400	-22,16	-43,29	1972	2021	48	2	Baixa
CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraíba												
58500000	USINA BRUMADO	RIO BRUMADO	MINAS GERAIS	LIMA DUARTE	144	-21,85	-43,89	1942	2019	73	5	Média
58542000	SANTA RITA DO JACUTINGA	RIO BANANAL	MINAS GERAIS	SANTA RITA DO JACUTINGA	355	-22,15	-44,09	1935	2018	81	1	Baixa

Código/Estação Fluviométrica	Nome	Curso d'água	Estado	Município	Área de drenagem (km ²)	Latitude (°)	Longitude (°)	Início da Série	Fim da Série	Anos Completos	Média Anual de Dias maior que vazão TR2 anos	Probabilidade (cheia)
58470000	CHAPEU D'UVAS	RIO PARAÍBUNA	MINAS GERAIS	JUIZ DE FORA	360	-21,59	-43,50	1949	2020	69	3	Baixa
58535000	ZELINDA	RIO PRETO	MINAS GERAIS	PASSA VINTE	418	-22,24	-44,27	1925	2020	91	2	Baixa
58610000	ESTEVÃO PINTO	RIO CAGADO	MINAS GERAIS	MAR DE ESPANHA	783	-21,90	-43,04	1931	2021	86	2	Baixa
58480500	JUIZ DE FORA - JUSANTE	RIO PARAÍBUNA	MINAS GERAIS	JUIZ DE FORA	969	-21,78	-43,33	1975	2021	45	1	Baixa
58512080	UHE PICADA JUSANTE	RIO DO PEIXE	MINAS GERAIS	JUIZ DE FORA	1.750	-21,91	-43,54	2005	2017	11	1	Muito Baixa
58550001	RIO PRETO	RIO PRETO	MINAS GERAIS	RIO PRETO	1.800	-22,09	-43,82	1940	2021	79	1	Baixa
58516500	FAZENDA SANTO ANTÔNIO	RIO DO PEIXE	MINAS GERAIS	JUIZ DE FORA	2.240	-21,86	-43,44	1976	2021	44	3	Baixa
58520000	SOBRAJI	RIO PARAÍBUNA	MINAS GERAIS	BELMIRO BRAGA	3.640	-21,97	-43,37	1952	2021	66	2	Baixa
CBH do Rio Piabanha												
58434000	FAGUNDES	RIO FAGUNDES	RIO DE JANEIRO	PETRÓPOLIS	275	-22,30	-43,18	1936	2020	71	1	Baixa
58645000	SUMIDOURO	RIO PAQUEQUER	RIO DE JANEIRO	SUMIDOURO	294	-22,05	-42,68	1951	2021	64	1	Muito Baixa
58405000	PEDRO DO RIO	RIO PIABANHA	RIO DE JANEIRO	PETRÓPOLIS	435	-22,33	-43,13	1936	2021	82	1	Muito Baixa
58420000	FAZENDA SOBRADINHO	RIO PRETO	RIO DE JANEIRO	TERESÓPOLIS	719	-22,20	-42,90	1935	2021	84	1	Baixa
58648001	PAQUEQUER	RIO PAQUEQUER	RIO DE JANEIRO	CARMO	762	-21,88	-42,63	1931	2010	60	1	Baixa
58425000	MORELI (PARADA MORELI)	RIO PRETO	RIO DE JANEIRO	PETRÓPOLIS	930	-22,19	-43,01	1962	2021	57	1	Baixa

CONSÓRCIO NIPPON KOEI / REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303

Código/Estação Fluviométrica	Nome	Curso d'água	Estado	Município	Área de drenagem (km ²)	Latitude (°)	Longitude (°)	Início da Série	Fim da Série	Anos Completos	Média Anual de Dias maior que vazão TR2 anos	Probabilidade (cheia)
58442000	UHE ILHA DOS POMBOS FAZENDA BARREIRA	RIO PIABANHA	RIO DE JANEIRO	TRÊS RIOS	2.040	-22,14	-43,16	1951	2012	31	1	Muito Baixa
58630002	ANTA	RIO PARAIBA DO SUL	RIO DE JANEIRO	SAPUCAIA	32.700	-22,04	-42,99	1933	2021	86	2	Baixa
58440000	UHE SIMPLÍCIO MOURA BRASIL	RIO PIABANHA	RIO DE JANEIRO	TRÊS RIOS	-	-22,14	-43,15	1930	2016	85	1	Muito Baixa
CBH do Rio Dois Rios												
58805000	SÃO LOURENÇO	RIO GRANDE	RIO DE JANEIRO	NOVA FRIBURGO	10	-22,35	-42,62	2003	2020	17	1	Muito Baixa
58826000	CONSELHEIRO PAULINO	RIO BENGALA	RIO DE JANEIRO	NOVA FRIBURGO	170	-22,23	-42,52	1965	2019	52	1	Baixa
58825000	PONTE ESTRADA DONA MARIANA	RIO GRANDE	RIO DE JANEIRO	NOVA FRIBURGO	234	-22,22	-42,57	1965	2021	54	2	Baixa
58857000	ALDEIA	RIO NEGRO	RIO DE JANEIRO	CANTAGALO	350	-21,95	-42,36	1936	2018	62	1	Baixa
58827000	BOM JARDIM	RIO GRANDE	RIO DE JANEIRO	BOM JARDIM	553	-22,16	-42,42	1934	2021	85	1	Baixa
58870000	BARRA DO RIO NEGRO	RIO NEGRO	RIO DE JANEIRO	ITAOCARA	1.120	-21,73	-41,95	1966	2020	51	2	Baixa
58846000	MANUEL DE MORAIS	RIO GRANDE	RIO DE JANEIRO	SANTA MARIA MADALENA	1.370	-22,02	-42,13	1965	2021	52	1	Baixa
58850000	PIMENTEL	RIO GRANDE	RIO DE JANEIRO	SÃO FIDÉLIS	1.810	-21,77	-41,94	1967	2020	53	1	Baixa
58874000	DOIS RIOS	RIO DOIS RIOS	RIO DE JANEIRO	SÃO FIDÉLIS	3.120	-21,64	-41,86	1930	2021	90	2	Baixa
58880001	SÃO FIDELIS	RIO PARAIBA DO SUL	RIO DE JANEIRO	SÃO FIDÉLIS	48.900	-21,65	-41,75	1973	2021	46	2	Baixa
CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé												

Código/Estação Fluviométrica	Nome	Curso d'água	Estado	Município	Área de drenagem (km ²)	Latitude (°)	Longitude (°)	Início da Série	Fim da Série	Anos Completos	Média Anual de Dias maior que vazão TR2 anos	Probabilidade (cheia)
58720000	TABULEIRO	RIO FORMOSO	MINAS GERAIS	TABULEIRO	322	-21,35	-43,25	1943	2020	73	2	Baixa
58658000	VOLTA GRANDE	RIO ANGÚ	MINAS GERAIS	VOLTA GRANDE	348	-21,77	-42,54	1962	2018	51	1	Muito Baixa
58750000	PIAU	RIO PIAU	MINAS GERAIS	PIAU	490	-21,50	-43,32	1987	2020	30	1	Baixa
58710000	USINA ITUERÉ	RIO POMBA	MINAS GERAIS	RIO POMBA	784	-21,31	-43,20	1929	2019	80	1	Baixa
58755000	RIO NOVO	RIO NOVO	MINAS GERAIS	RIO NOVO	835	-21,47	-43,13	1943	2021	74	2	Baixa
58915000	MURIAÉ	RIO MURIAÉ	MINAS GERAIS	MURIAÉ	1.080	-21,13	-42,37	1934	1958	20	3	Baixa
58736000	BARRA DO XOPOTÓ	RIO XOPOTÓ	MINAS GERAIS	ASTOLFO DUTRA	1.280	-21,30	-42,82	1988	2020	28	1	Baixa
58730001	GUARANI	RIO POMBA	MINAS GERAIS	GUARANI	1.650	-21,36	-43,05	1949	2020	70	2	Baixa
58765001	USINA MAURÍCIO	RIO NOVO	MINAS GERAIS	ITAMARATI DE MINAS	1.770	-21,47	-42,83	1967	2021	43	3	Média
58735000	ASTOLFO DUTRA	RIO POMBA	MINAS GERAIS	ASTOLFO DUTRA	2.350	-21,31	-42,86	1931	2020	88	2	Baixa
58770000	CATAGUASES	RIO POMBA	MINAS GERAIS	CATAGUASES	5.880	-21,39	-42,70	1934	2020	84	2	Baixa
58788050	ARACATI	RIO POMBA	MINAS GERAIS	CATAGUASES	6.850	-21,41	-42,61	2005	2021	10	3	Baixa
CBH Baixo Paraíba do Sul												
58670002	FAZENDA DA BARRA (PIRAPETINGA)	RIO PIRAPETINGA	MINAS GERAIS	PIRAPETINGA	590	-21,66	-42,34	1960	2021	55	2	Baixa
58790002	SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA II	RIO POMBA	RIO DE JANEIRO	SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	8.210	-21,54	-42,18	2001	2021	18	2	Baixa



Código/Estação Fluviométrica	Nome	Curso d'água	Estado	Município	Área de drenagem (km²)	Latitude (°)	Longitude (°)	Início da Série	Fim da Série	Anos Completos	Média Anual de Dias maior que vazão TR2 anos	Probabilidade (cheia)
58795000	TRÊS IRMÃOS	RIO PARAÍBA DO SUL	RIO DE JANEIRO	CAMBUCI	45.300	-21,63	-41,99	1930	2021	89	3	Baixa

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

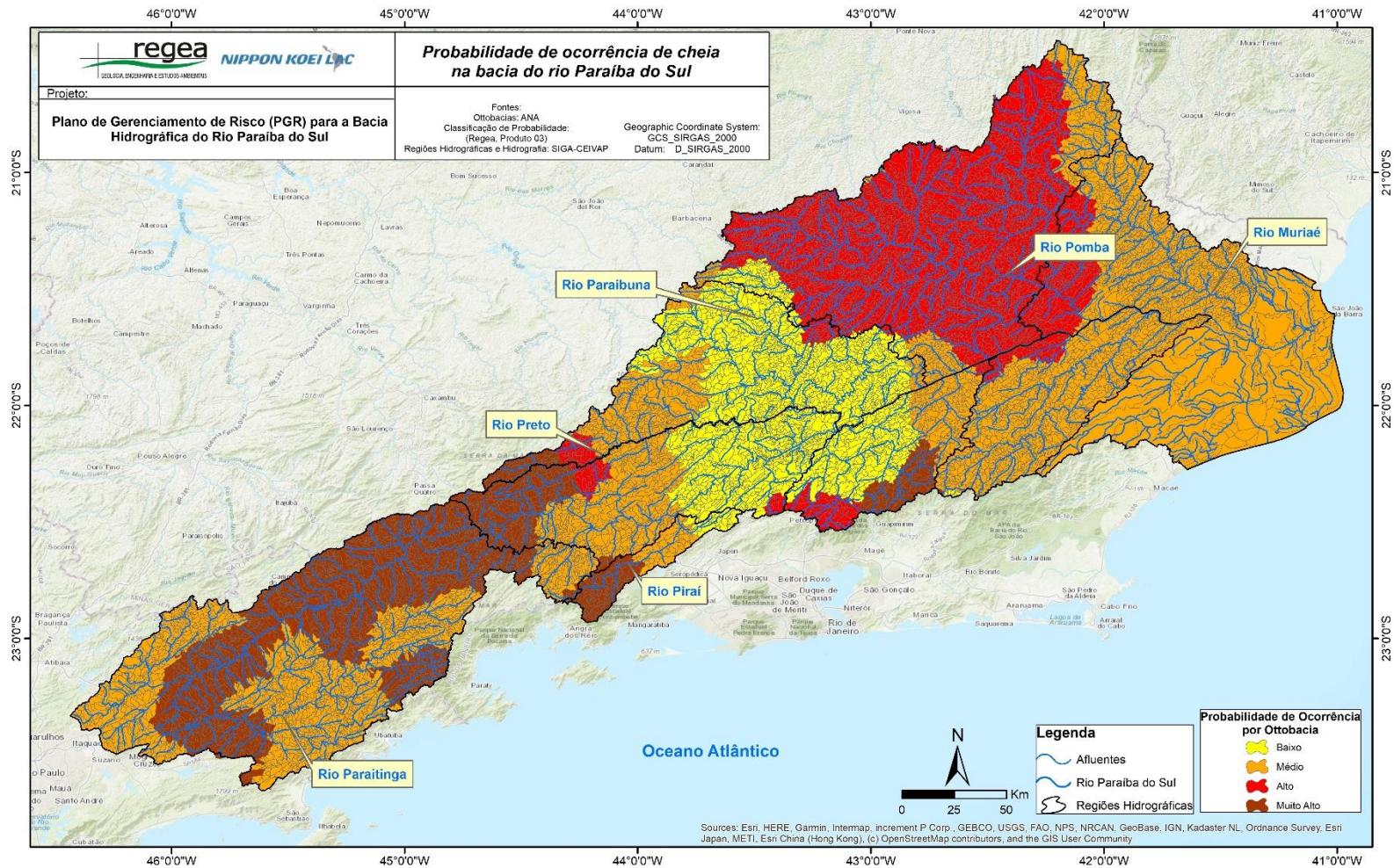


Figura 5.3 – Distribuição das probabilidades de cheia.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

6. ANÁLISE DOS EVENTOS CRÍTICOS DE MOVIMENTOS DE MASSA

Os acidentes geológicos e geotécnicos associados a movimentos gravitacionais de massa, são fenômenos envolvendo movimentos coletivos de solo e/ou rocha, que provocam danos ao homem e/ou a suas propriedades e infraestrutura. Movimentos gravitacionais de massa acontecem a partir de processos relacionados à dinâmica superficial de encostas e vertentes, e fazem parte da evolução geomorfológica de vários terrenos.

São processos que ocorrem naturalmente, mas podem apresentar sua origem e suas consequências alteradas por ações antrópicas, trazendo risco à população ocupante desses terrenos e para o meio ambiente ao redor. Acidentes associados a estes processos podem apresentar diferentes dimensões, desde situações pontuais até a dimensão de desastres de grande porte que têm potencial para afetar um grande número de pessoas e/ou estruturas (TOMINAGA, 2012).

A partir de 2012 adota-se no Brasil a Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), que tem por principal objetivo a padronização da descrição e do registro dos desastres ocorridos no país. Dentro do padrão em questão, os movimentos de massa são subdivididos em quatro tipos principais: 1) Queda, tombamento e rolamento; 2) Deslizamentos; 3) Corrida de massa; e 4) Subsidência e colapso. De forma complementar, são novamente subdivididos em subtipos, descritos e codificados. O Quadro 6.1 apresenta um recorte da codificação COBRADE para os movimentos de massa.

Quadro 6.1 – Adaptação da tabela COBRADE para a codificação de eventos associados a movimentos gravitacionais de massa

Subgrupo	Tipo	Subtipo	Definição	Cobrade
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	1.1.3.1.2

			íngremes, num movimento tipo queda livre.	
		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

6.1 Base de dados

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.

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 relacionou a compilação das vulnerabilidades a deslizamentos, citando as 3 principais fontes apresentadas 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 probabilidade do projeto.

Seguindo as informações sobre os movimentos de massa no trecho paulista, foram sistematizadas 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, cabendo 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 (SIDEDEC, 2021)

Os dados de movimentos de massa referentes ao estado de Minas Gerais não encontram-se sistematizados em 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. Foram coletados também dados publicados em diversos trabalhos científicos de diferentes autores que estudaram o tema ao longo dos anos.

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 – Centro de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais: 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.

O Quadro 6.2 apresenta resumidamente a contagem de ocorrências de movimentos gravitacionais de massa na área da bacia, nele estão expostos todos os registros obtidos separados por Estado e Município, distribuídos, ainda, entre Deslizamentos (COBRADE 1.1.3.2.1) e Corridas de Massa (COBRADE 1.1.3.3.1 e 1.1.3.3.2), este último agrupando Corridas de Massa dos subtipos Solo/Lama e Rocha/Detrito. Nele tem-se o total de 466 registros, sendo 445 deslizamentos e 21 corridas de massa, com o banco composto pelas fontes de dados já citadas, sendo o registro mais antigo datado de 1946 e o mais recente de 2021. O Quadro 6.2 apresenta a relação de eventos de movimentos gravitacionais de massa registrados ao longo da bacia e a Figura 6.1 mostra sua distribuição espacial.

Além do histórico de ocorrências, levantou-se também o comportamento das precipitações médias anuais (Figura 6.1), a partir do levantamento de dados de chuva coletados pelos pluviômetros instalados na área da bacia.

A partir desses dados foi possível traçar as isoietas de precipitação média anual, as quais destacam áreas de maior concentração de chuva anual próxima à região serrana do Rio de Janeiro, área com concentração de movimentos de massa registrados no inventário. O registro de ocorrências de movimentos gravitacionais de massa está relacionado a eventos chuvosos intensos, que podem ou não resultar em médias anuais históricas elevadas, uma vez que as médias históricas não refletem necessariamente a concentração ou a ocorrência de chuvas de alta intensidade e de menor duração em momentos específicos.

Quadro 6.2 – Resumo dos eventos de movimentos gravitacionais de massa registrados na Bacia

UF/Município	Corrida de Massa	Deslizamentos	Total
MG	6	76	82
Além Paraíba	1	2	3
Bicas	-	2	2
Carangola	-	3	3

UF/Município	Corrida de Massa	Deslizamentos	Total
Cataguases	-	6	6
Chácara	-	2	2
Dona Eusébia	-	15	15
Ewbank da Câmara	-	2	2
Guidoval	-	1	1
Juiz de Fora	1	25	26
Leopoldina	1	-	1
Lima Duarte	-	1	1
Miraí	-	1	1
Muriaé	1	6	7
Pirapetinga	1	-	1
Rio Pomba	-	1	1
Santos Dumont	-	8	8
Ubá	-	1	1
Volta Grande	1	-	1
RJ	11	206	217
Areal	1	3	4
Barra Mansa	-	1	1
Bom Jardim	1	2	3
Itatiaia	-	2	2
Laje do Muriaé	-	3	3

UF/Município	Corrida de Massa	Deslizamentos	Total
Mendes	-	5	5
Nova Friburgo	1	10	11
Petrópolis	3	97	100
Porciúncula	-	1	1
Rio Claro	-	9	9
Santa Maria Madalena	-	3	3
Santo Antônio de Pádua	2	-	2
São José do Vale do Rio Preto	1	1	2
Sumidouro	1	2	3
Teresópolis	1	22	23
Valença	-	1	1
Volta Redonda	-	44	44
SP	4	163	167
Arujá	-	45	45
Cunha	-	3	3
Guararema	-	50	50
Guarulhos	-	1	1
Itaquaquetuba	-	18	18
Lavrinhas	4	-	4
Mogi das Cruzes	-	25	25
Monteiro Lobato	-	3	3

UF/Município	Corrida de Massa	Deslizamentos	Total
Piquete	-	2	2
Santa Isabel	-	10	10
São José dos Campos	-	6	6
Total Geral	21	445	466

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

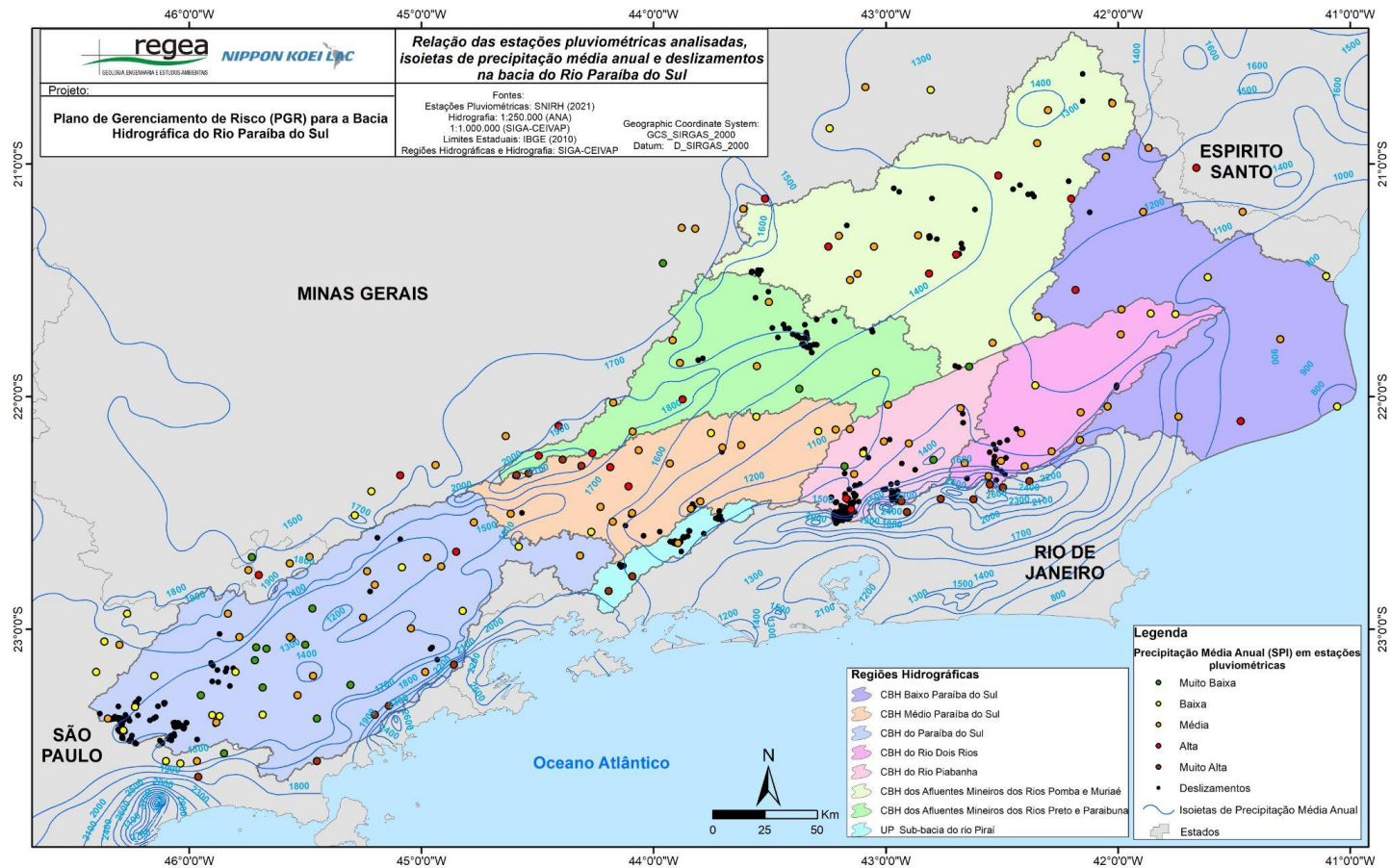


Figura 6.1 – Mapa de isoietas de precipitação média anual e de ocorrências de movimentos de massa registradas no inventário
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

6.2 Seleção de eventos críticos

A partir da base de dados coletada, foram analisados os eventos ocorridos, destacando-se que o foco deste trabalho é no estudo dos riscos relacionados a impactos aos usos dos recursos hídricos. Dessa forma, limita as análises dos movimentos de massa aos eventos de maior porte 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 apresentem importância reconhecida, esse tema difere dos objetivos iniciais deste estudo.

Dentro deste objetivo, compreende-se que eventos de corrida de massa sejam eventos de grande potencial de impacto para os recursos hídricos de uma bacia, uma vez que acontecem associados a drenagens e, regularmente, mobilizam grandes volumes de material com um grande alcance, podendo apresentar depósitos a alguns quilômetros da sua área fonte.

Outro evento com potencial para impactar de forma sensível os recursos hídricos são eventos generalizados de escorregamento, nos quais pode ser observada a ocorrência de múltiplas movimentações de massa decorrentes de um mesmo evento chuvoso extremo. De uma forma geral, esses múltiplos eventos podem se somar e mobilizar grandes volumes de material em direção a corpos hídricos, gerando prejuízo ao sistema. Os demais movimentos gravitacionais de massa, como escorregamentos individuais, subsidência de solo, queda e rolamento de blocos foram desconsiderados na análise, por entendê-los como eventos que não apresentam potencial para impactar sensivelmente os recursos hídricos dentro de uma bacia hidrográfica.

Assim, foi avaliada a base de dados com o objetivo de discretizar cada registro determinado como corrida de massa, excluindo possíveis erros de classificação por parte dos diferentes órgãos que registram esse tipo de ocorrência, bem como para remover registros duplicados, quando um mesmo evento pode ter sido cadastrado por duas ou mais fontes diferentes. Considerou-se também as datas que apresentam 10 ou mais eventos de escorregamento em um mesmo município como eventos de escorregamentos generalizados, focando assim em eventos chuvosos extremos que geraram múltiplas mobilizações de material e potencialmente afetando os recursos hídricos.

6.3 Suscetibilidade e movimentos de massa

Os eventos de corridas de massa e de escorregamentos generalizados são movimentos gravitacionais de massa associados a eventos de chuva extrema, mas para que estes ocorram também são necessárias características físicas específicas presentes no local. O somatório dessas características leva a cenários de diferentes graus de suscetibilidade destes terrenos a distintos tipos de movimentação de massa, e a ocorrência ou não de escorregamentos está diretamente relacionada a esses dois fatores, a suscetibilidade pré-existente de um terreno e a intensidade e a quantidade de chuva sob a qual aquele terreno foi submetido.

Para a caracterização da suscetibilidade foi utilizada a base de dados produzida pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil e pelo IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Em parceria, estes dois órgãos aplicaram uma metodologia para caracterizar as suscetibilidades a diversos tipos de movimentos gravitacionais de massa e a processos hidrológicos, apresentando os seus resultados em Cartas de Suscetibilidade em escala 1:25.000 em diversos estados brasileiros (IPT e CPRM, 2014).

Alguns municípios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, porém, não foram compreendidos por essa elaboração de cartas de suscetibilidade. Para os municípios onde não havia mapeamento prévio de suscetibilidade natural à escorregamentos e movimentos de massa, foi necessário realizar uma caracterização de maneira complementar e expedita, com objetivo de se conseguir a complementação das lacunas de informação em tempo hábil para o desenvolvimento do presente projeto.

A metodologia adotada para a aquisição dessas informações complementares é uma adaptação da metodologia para os mapeamentos de perigo preliminar de movimentos de massa na escala 1:25.000 do Instituto Geológico do Estado de São Paulo (IG), para a equipe técnica do IG, o perigo preliminar conceitualmente se refere à suscetibilidade natural à escorregamentos.

Assim, o mapeamento de Suscetibilidade Natural adotada pelo CPRM/IPT é análogo à caracterização de Perigo Preliminar desenvolvido pelo IG. O índice de Perigo Preliminar corresponde a um índice que não leva em consideração nenhum tipo de ação antrópica ou seus efeitos na forma de dano. Esse índice permite uma avaliação crítica relacionada à deflagração e ocorrência de eventos, sem considerar seus danos, mas partindo-se do pressuposto que ocorre exposição.

A Figura 6.2 apresenta os municípios da bacia e a metodologia aplicada para a classificação de sua suscetibilidade a processos de escorregamentos e a corridas de massa em cada um dos municípios.

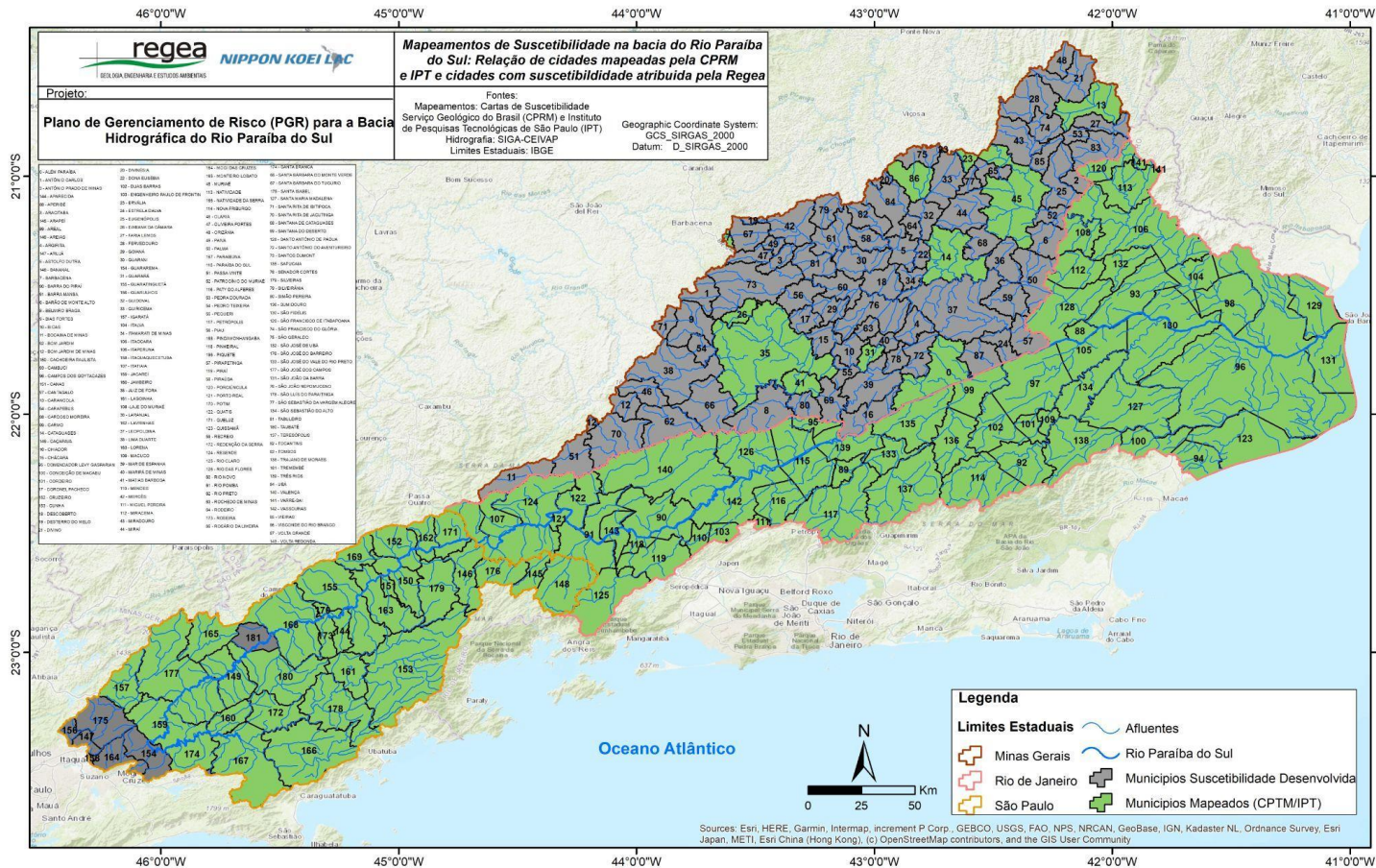


Figura 6.2 – Relação de municípios com mapeamentos de suscetibilidade CPRM e IPT, e municípios com mapeamentos de suscetibilidade elaborada neste produto

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

CONSÓRCIO NIPPON/REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303, São Paulo-SP

6.3.1 Suscetibilidade aos processos de Escorregamento

Uma vez que a suscetibilidade pode ser qualitativamente comparada ao Índice de Perigo Preliminar aos processos de escorregamento (PP_{ESC}), devido ao fato desse índice representar os fatores provenientes do meio físico predominantemente natural, foi calculado de acordo com as determinações apresentadas no Quadro 6.3.

Quadro 6.3 – Determinação da Suscetibilidade de Escorregamento

Características da unidade espacial de análise na classificação preliminar	Cálculo do Índice de Perigo Preliminar na unidade espacial de análise
Declividade Muito baixa (*) - Inferiores a 5,40°	$PP_{ESC} = 0,75 DE + 0,25 [(AM + DL + UP + CURV_V) / 4]$
Declividade Baixa (*) - Entre 5,40 e 10,74°	$PP_{ESC} = 0,50 DE + 0,50 [(AM + DL + UP + CURV_V) / 4]$
Declividade Média (*) - Entre 10,74 e 16,02°	$PP_{ESC} = 0,25 DE + 0,75 [(AM + DL + UP + CURV_V) / 4]$
Declividade Alta (*) - Entre 16,02 e 22,04°	$PP_{ESC} = 0,50 DE + 0,50 [(AM + DL + UP + CURV_V) / 4]$
Declividade Muito Alta (*) - Maiores que 22,04°	$PP_{ESC} = 0,75 DE + 0,25 [(AM + DL + UP + CURV_V) / 4]$

Em que:

- PP_{ESC} = Índice de Perigo de Escorregamento, qualitativamente similar à suscetibilidade;
- AM = Amplitude altimétrica da Ottobacia;
- DE = Declividade, média da Ottobacia;
- DL = Densidade de lineamentos, média da Ottobacia;
- UP = Unidade Pedológica – valores ponderados quanto à erodibilidade;
- CURV_V = Índice de Curvatura vertical do terreno, calculado na Ottobacia.

A caracterização da Suscetibilidade aos processos de escorregamento utilizou a classificação proposta pelo CPRM/IPT, e aplicou a metodologia do IG para complementar as áreas inicialmente sem classificação.

Estes dados de susceptibilidade foram então reamostrados para as Ottobacias Hidrográficas (OBHs), classificando cada uma das OBHs da área de estudo a partir da classificação inicialmente obtida na forma de setores. A Figura 6.3 apresenta o resultado dessa integração de dados e sua posterior reamostragem para as OBH's em função da sua classificação de susceptibilidade a processos de escorregamento.

Esse processo de reamostragem contemplou os seguintes critérios:

- Integração das classificações em 4 classes de susceptibilidade aos processos de escorregamento: Nula ou Quase Nula, Baixa, Média e Alta;
- Classe Suscetibilidade Alta: OBHs com mais de 10% de área com susceptibilidade Alta ou Muito Alta;
- Classe Suscetibilidade Média: OBHs com área de susceptibilidade Alta ou Muito alta inferior a 10% e predominância de classificação Média;
- Classe Suscetibilidade Baixa: OBHs com área de susceptibilidade Alta ou Muito alta inferior a 10% e predominância de classificação Baixa;
- Classe Nula ou Quase Nula: OBHs com 100% da classificação de susceptibilidade Nula ou Quase Nula.

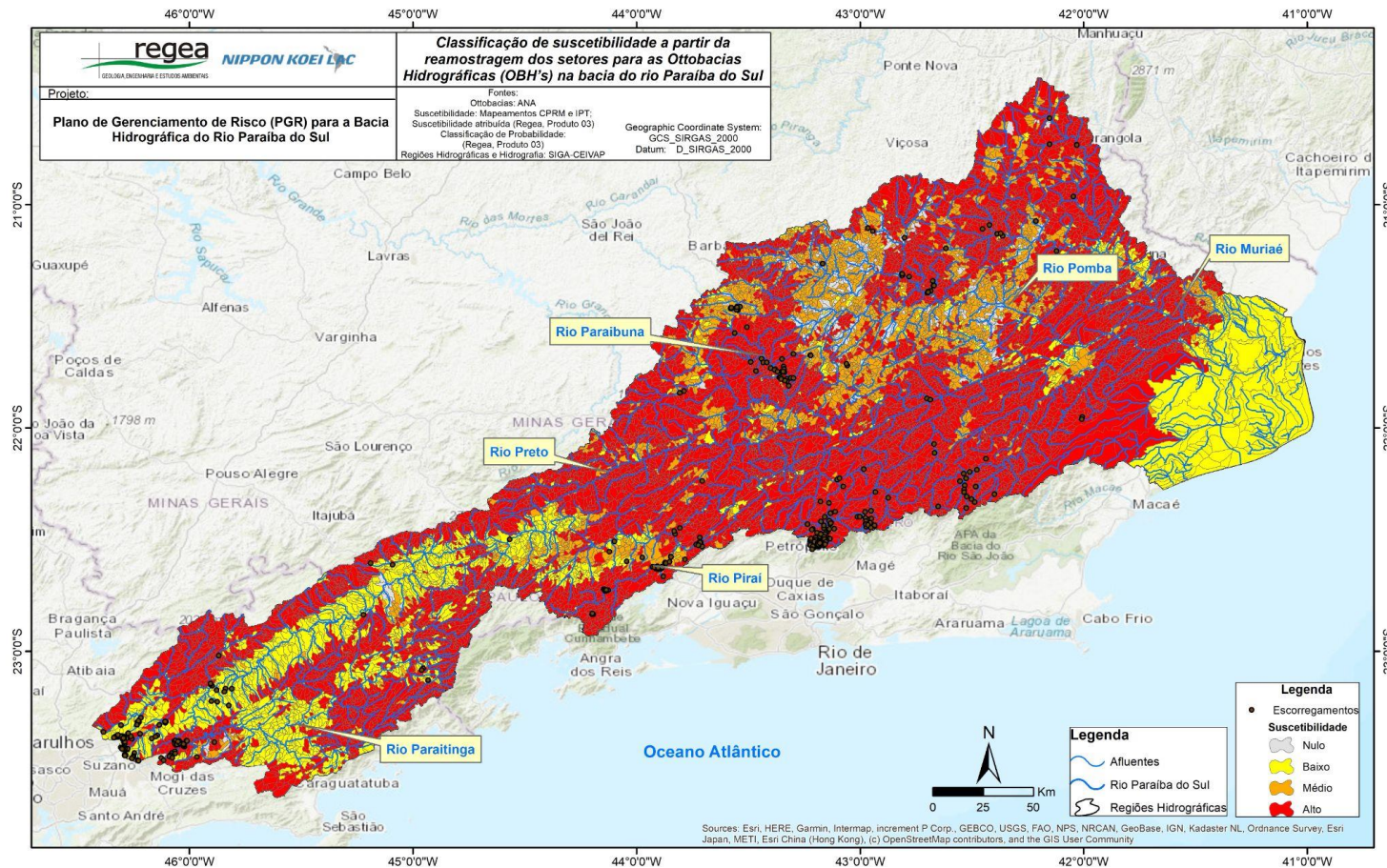


Figura 6.3 – Classificação de suscetibilidade a partir da reamostragem dos setores para as Ottobacias

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

A classificação de suscetibilidade a escorregamentos está relacionada ao contexto geomorfológico da região. Nota-se o predomínio de áreas de alta suscetibilidade inseridas no contexto da Serra da Mantiqueira (no trecho norte e leste da Bacia) e Serra do Mar (no trecho sul da Bacia). Enquanto as áreas de baixa suscetibilidade estão relacionadas a planícies (Vale do Paraíba no trecho de montante do Rio Paraíba do Sul e, planície litorânea na área de foz do Rio Paraíba).

6.3.2 Suscetibilidade às Corridas de Massa

Seguindo metodologia similar à já apresentada para os escorregamentos, a suscetibilidade a corridas de massa pode ser qualitativamente comparada ao Índice de Perigo aos processos de Corrida de Massa (P_{COR}) que foi calculado de acordo com a equação abaixo.

$$P_{COR} = 0,125 \times D3040_{BC} + 0,125 \times P_{ESC_BC} + 0,25 \times ZCM_{OBH} + 0,125 \times REL + 0,125 \times (1 - IC) + 0,25 \times ME_{BC}$$

Em que:

- P_{COR} = Índice de Perigo de Corrida de Massa;
- $D3040_{BC}$ = Índice de inclinação entre 30° e 40° da bacia de contribuição da OBH;
- P_{ESC_BC} = Índice de Perigo de Escorregamento da bacia de contribuição aplicado à Ottobacias por meio de média zonal.
- REL_{BC} = Índice de Relevô da bacia de contribuição da OBH, quociente da amplitude pelo comprimento da bacia;
- IC = Índice de circularidade da Ottobacia; e
- ME_{BC} = Índice de Melton da bacia de contribuição da Ottobacia.
- ZCM_{OBH} = Zona do processo de corrida de massa. Considerando a inclinação do canal principal da Ottobacia, são identificadas quatro zonas, quais sejam:
 - Zona de deflagração: quando $DC > 20^\circ = 0,1$;
 - Zona de transporte: quando DC entre 10 e 20° = 0,7;
 - Zona de deposição: quando DC entre 2 e 10° = 0,5;
 - Zona de inundação: quando $DC < 2^\circ = 0,3$.

O produto espacializado das suscetibilidades a corridas de massa (Figura 6.4), seguiu a metodologia dos produtos da CPRM, na qual apenas apresenta-se de forma binária, em quais unidades espaciais de análise apresentam condições e quais não apresentam condições de

ocorrer corridas de massa, acrescidos das informações de localidades que ocorreram esse tipo de desastre.

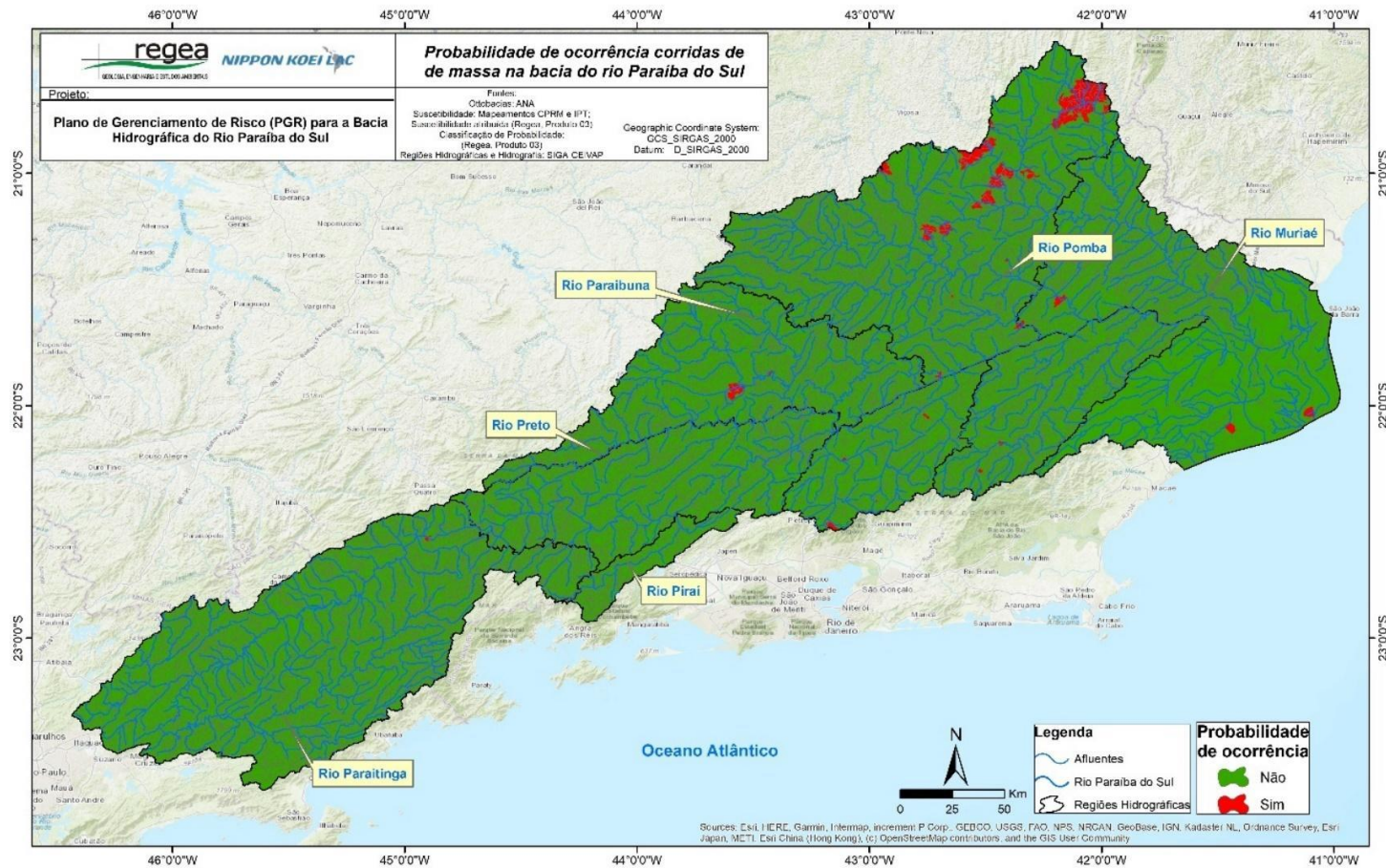


Figura 6.4 – Mapa de suscetibilidade a corridas de massa.

Fonte: elaborado pelo Consórcio.

A suscetibilidade a corridas de massa foi classificada em baixa ou alta. As regiões suscetíveis a corridas de massa são dispersas e pouco abrangentes ao longo da bacia. As áreas de alta suscetibilidade concentram-se na porção nordeste da Bacia, no CBH dos rios Pomba e Muriaé, na Serra da Mantiqueira. Destaca-se ainda a presença de altas suscetibilidades nos CBH do Rio Piabanha e Dois Rios, no contexto de Serra do Mar, áreas sujeitas a corridas de massa pretérita.

Com base nos mapas de suscetibilidade aos movimentos de massa e corrida de massa, e definidos os TRs que deflagram movimentos, entende-se que as probabilidades numéricas devem partir da chance de ocorrer um evento desse porte anualmente. Assim, o TR de 100 anos representa uma chance em 100 de ocorrer, ou 1%. Por outro lado, a suscetibilidade permite definir onde se aplica essa probabilidade, sendo a ferramenta para se espacializar os eventos. Vale destacar que para as corridas de massa, as verificações são simplificadas mostrando onde ocorre e onde não ocorre a possibilidade, enquanto que os escorregamentos oriundos do produto do CPRM apresentam quatro classes, variando entre nulo, baixo, médio e alto. De forma complementar, a classe muito alta foi proposta pelo consórcio para as áreas de suscetibilidade alta e que apresentam registro de escorregamentos generalizados. Os mapas de probabilidade serão apresentados em item à parte mais à frente neste documento.

6.4 Probabilidade de Movimentos de Massa

A partir do inventário foram selecionados eventos notáveis entre 2001 e 2020, uma vez que a estes eventos chuvosos foram associadas 10 ou mais ocorrências de escorregamento em um mesmo município na Bacia do Rio Paraíba do Sul.

Para esses eventos foram coletados os quantitativos de chuva disponíveis nas bases de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH, 2021), compostos por dados de chuva coletados por múltiplas fontes, com destaque para os dados a ANA e do CEMADEN.

Diferentes regiões devem apresentar diferentes valores de limiares de chuva para deflagração de movimentos de massa, de acordo com as características que compõe, o que relaciona a sua suscetibilidade. E assim como os limiares são diferentes, o comportamento das chuvas

ao longo do tempo também apresenta grandes variações de acordo com as características climatológicas locais e regionais.

Com o objetivo de homogeneizar as análises em diferentes locais, optou-se por avaliar a probabilidade da ocorrência destes eventos baseando-se na classificação de suscetibilidade e no Tempo de Retorno (TR) das chuvas deflagradoras associadas aos eventos apontados. Para o cálculo do TR de cada ocorrência, utilizou-se as equações de chuva intensa descritas para cada localidade, sendo consultados dados referentes à equações de chuva descritas nos relatórios de Atlas de Chuvas do DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo e da CPRM

6.4.1 Escorregamentos generalizados

Foram selecionadas, ao todo, cinco datas correspondentes a eventos notáveis, os quais apresentaram o registro de 10 ou mais ocorrências de escorregamentos em um mesmo município e, para cada uma delas foram analisadas a classificação de suscetibilidade e o comportamento da chuva. Foram identificados dois eventos de escorregamentos generalizados no município paulista de Guararema, os demais foram registrados em Petrópolis/RJ e em Dona Eusébia/MG.

Ao comparar o TR da chuva de cada data destacada e sua respectiva suscetibilidade, foi possível a construção da matriz apresentada no Quadro 6.4. Nesta matriz observa-se Probabilidade Muito Alta de ocorrência de Escorregamentos Generalizados quando as chuvas apresentam TR igual ou superior ao esperado em 100 anos, ao atingirem áreas com Alta Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa. Com o resultado obtido através dessa matriz é possível classificar as Ottobacias quanto à sua probabilidade de ocorrência diante dos eventos chuvosos.

Quadro 6.4 – Matriz de probabilidade de ocorrência de escorregamentos generalizados em função da suscetibilidade e do tempo de recorrência de um evento chuvoso

Chuva TR	Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa			
	Nulo	Baixa	Média	Alta
02 Anos	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Baixa
05 Anos	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Baixa	Probabilidade Baixa
10 Anos	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Baixa	Probabilidade Média
25 Anos	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Média	Probabilidade Média

Chuva TR	Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa			
	Nulo	Baixa	Média	Alta
	Nula	Nula		
50 Anos	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Baixa	Probabilidade Média	Probabilidade Alta
100 Anos	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Baixa	Probabilidade Alta	Probabilidade Muito Alta

Fonte: Elaborado pelo Consórcio

Contudo, devido à homogeneidade dos terrenos mais suscetíveis aos movimentos de massa representados pelas características físicas do terreno, a resposta desse terreno natural ao tempo de retorno responsável pelos eventos de movimentos gravitacionais de massa, não diferem ao longo da Bacia e, por isso, a espacialização da probabilidade de eventos de massa, segue as classes da própria suscetibilidade (nas classes muito baixo ou nulo, baixo, médio e alto), acrescida das regiões onde já ocorreram eventos generalizados, como a classe de probabilidade muito alta, dentro de uma análise qualitativa das probabilidades, restando aos valores referenciais de TR, uma relação quantitativa da probabilidade de se ocorrer os escorregamentos generalizados.

6.4.2 Corridas de massa

Foram selecionadas ao todo cinco datas relacionadas a eventos cuja descrição corresponde à deflagração de corridas de massa. Nesse caso, destacam-se situações em que ocorreram eventos chuvosos extremos que deflagram corridas de massa em diferentes municípios, ou ainda, casos onde corridas de massa foram iniciadas em um determinado município e o material mobilizado trouxe prejuízos para outros municípios ao longo de drenagens, uma vez que a natureza deste tipo de desastres compreende longos alcances no carregamento do material mobilizado.

Foram identificados, ao todo, o atingimento de 14 municípios nos três estados, com ênfase para o megadesastre da região serrana do Rio de Janeiro em 2011. Ao comparar o TR da chuva de cada data destacada e sua respectiva suscetibilidade, foi possível a construção da matriz apresentada no Quadro 6.5. Nesta matriz observamos Probabilidade de ocorrência de Corridas de Massa apenas em regiões classificadas como suscetíveis a este tipo de evento, e apresentando Muito Alta Probabilidade de ocorrência apenas quando as chuvas apresentam TR igual ou superior ao esperado em 100 anos. Com o resultado obtido através dessa matriz

é possível classificar as Ottobacias quanto à sua probabilidade de ocorrência diante dos eventos chuvosos.

Quadro 6.5 – Matriz de probabilidade de ocorrência de Corrida de Massa em função da suscetibilidade e do tempo de recorrência de um evento chuvoso

Chuva TR	Suscetibilidade a Corridas de Massa	
	Não	Sim
02 Anos	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Quase Nula
05 Anos	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Quase Nula
10 Anos	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Baixa
25 Anos	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Média
50 Anos	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Alta
100 Anos	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Muito Alta

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Seguindo a metodologia da suscetibilidade à corridas de massa, entende-se que quantitativamente considera-se o TR 50 anos como a probabilidade alta, e por isso indica-se a utilização dessa probabilidade 1/50, mas espacializado conforme a suscetibilidade, indicando onde pode ou não ocorrer.

6.4.3 Mapas de Probabilidade de Movimentos de Massa

Escorregamentos Generalizados

A probabilidade de ocorrência de escorregamentos generalizados foi definida a partir das ocorrências e a relação com o tempo de recorrência das chuvas deflagradoras e a partir do mapa de suscetibilidade a escorregamentos. Ottobacias que apresentassem registros de eventos caracterizados como escorregamentos generalizados já ocorridos ou, ainda, que apresentaram cinco ou mais ocorrências de escorregamento no período inventariado receberam a classificação de probabilidade Muito Alta, as demais obedeceram relação entre suscetibilidade a escorregamentos e as suas chuvas deflagradoras.

Percebe-se pelo mapa síntese de probabilidade de grandes eventos de escorregamentos (Figura 6.5), que tal processo geodinâmico está relacionado aos macrocompartimentos da área, ou seja, a distribuição das probabilidades reflete a geomorfologia regional.

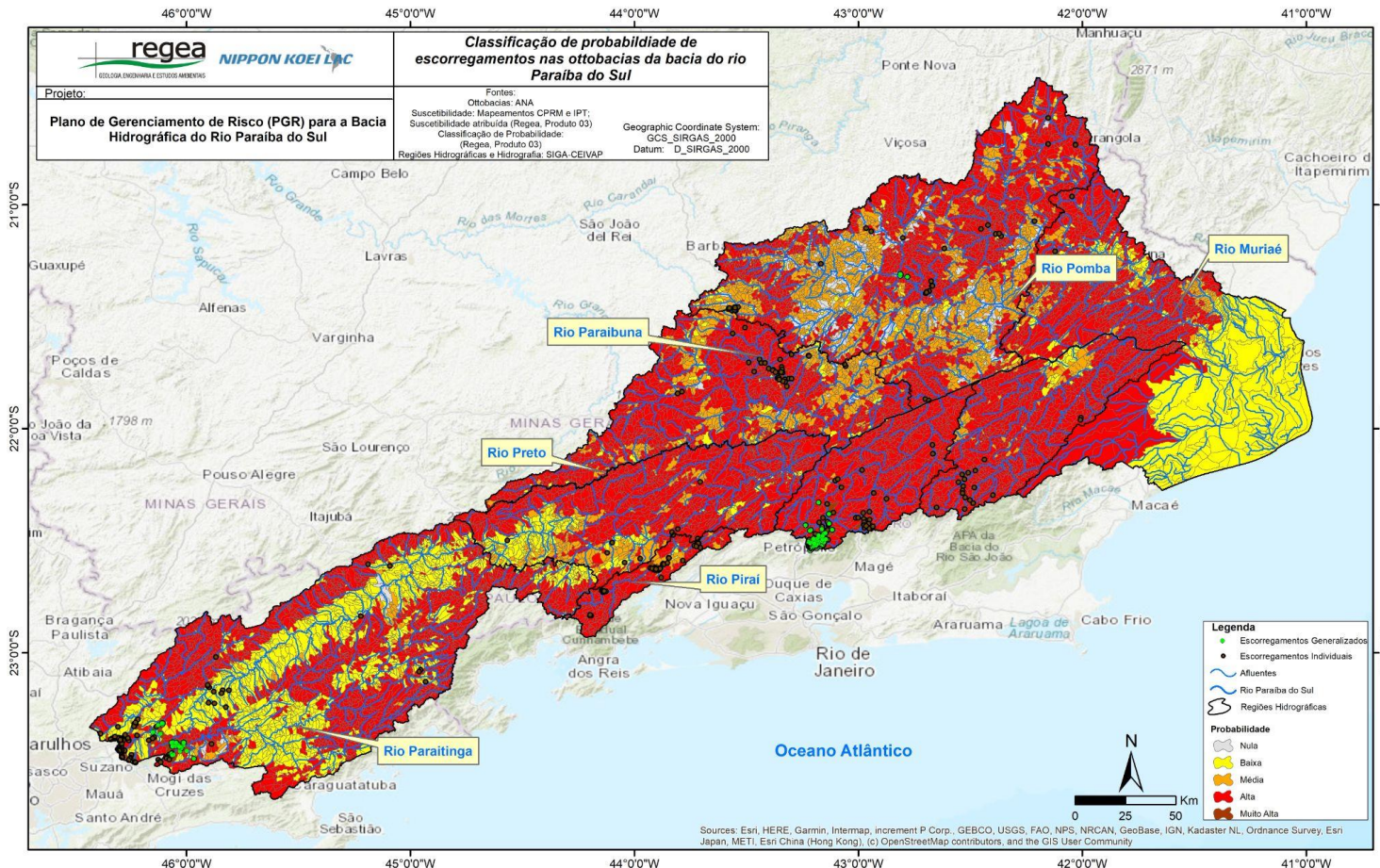


Figura 6.5 – Mapa de probabilidade de ocorrência de escorregamentos generalizados na bacia do Rio Paraíba do Sul
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

As áreas de maior declividade correspondem ao contexto da Serra da Mantiqueira (no trecho norte) e da Serra do Mar (nos trechos oeste e sul da Bacia), apresentam predominantemente frequência de probabilidades altas, ou seja, as regiões entre os CBH do Paraíba do Sul e dos afluentes dos rios Pomba e Muriaé estão frequentemente sujeitas a probabilidades altas de escorregamento. Além disso, são associadas de modo disperso e menos frequente a probabilidades baixas e médias nas áreas de menor declividade (correspondentes aos vales encaixados).

Ocorrem ainda três núcleos de probabilidade muito alta, que abrangem uma pequena área, sendo um desses localizados no CBH Paraíba do Sul e os demais inseridos em um contexto de médio curso. As elevadas probabilidades no CBH Paraíba do Sul, região de montante da bacia cujos processos ocorridos refletem nas áreas de jusante para captação de águas, abastecimento público e uso industrial, enquanto as probabilidades nulas ou quase nulas e baixas são predominantes em um contexto de planícies e amplo vales, áreas de baixa declividade, como por exemplo no Vale do Paraíba em São Paulo e, no CBH do Baixo Paraíba do Sul, na planície litorânea do Rio de Janeiro.

Corridas de Massa

A probabilidade de ocorrência de corridas de massa foi definida a partir das ocorrências e sua relação com o TR das chuvas deflagradoras e a partir do mapa de suscetibilidade a corridas de massa. O mapa com a indicação das áreas prováveis a corridas de massa é exibido a seguir (Figura 6.6).

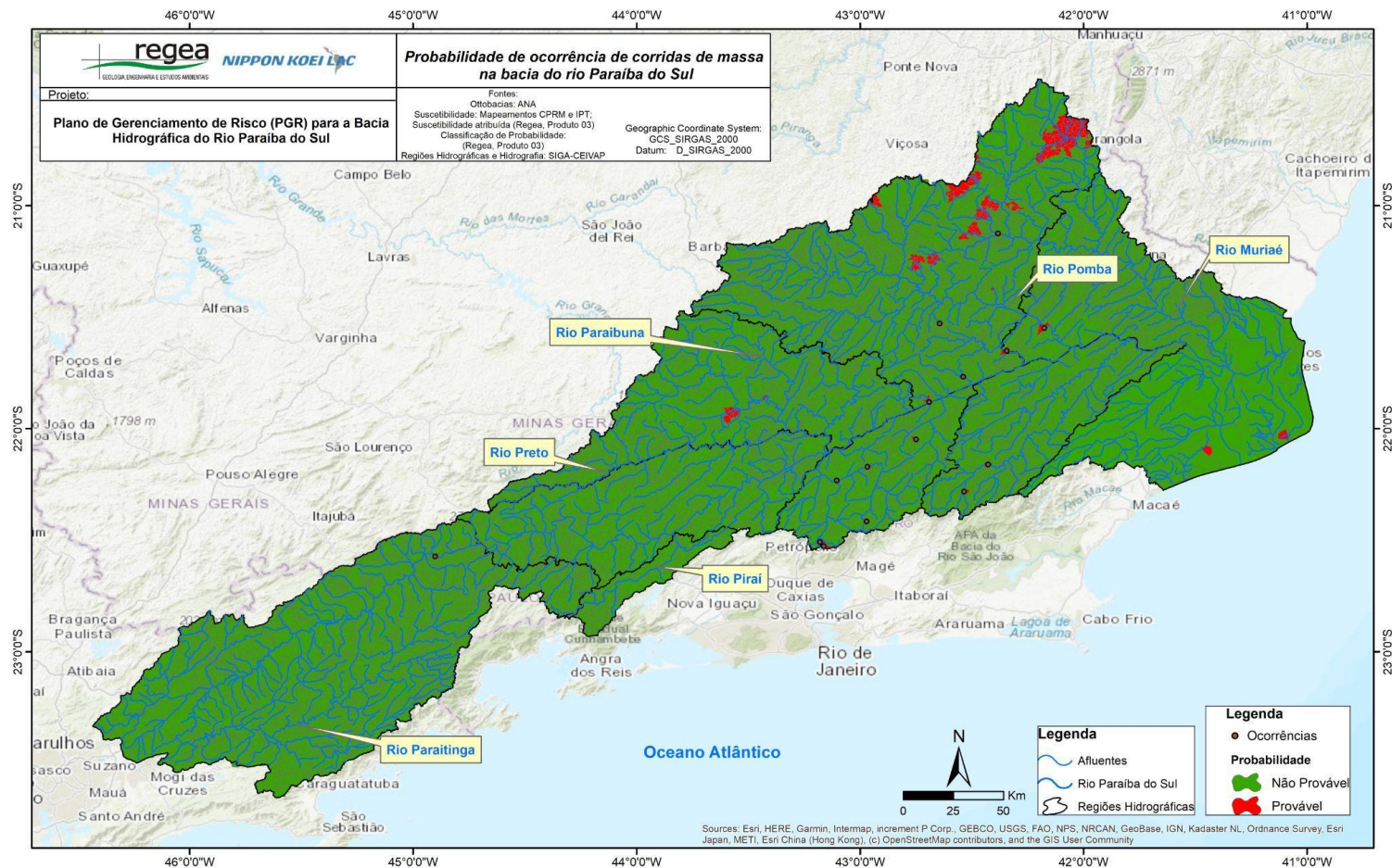


Figura 6.6 – Mapa de probabilidade de ocorrência de corridas de massa na bacia do Rio Paraíba do Sul

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

CONSÓRCIO NIPPON/REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303, São Paulo-SP

A classificação de probabilidade de ocorrência de corrida de massa baseia-se na distinção de áreas prováveis de ocorrência ou não quanto ao processo. Destaca-se a concentração de áreas prováveis a corrida de massa no contexto geomorfológico da Serra da Mantiqueira, principalmente na porção leste da Bacia, no CBH dos rios Pomba e Muriaé. Além dos CBH dos rios Preto e Paraibuna, assim como o CBH do Rio Piabanha, na Serra Fluminense destacada pela presença de áreas suscetíveis. Por outro lado, a região de alto e baixo curso do Rio Paraíba do Sul não apresenta áreas sujeitas a corrida de massa, relacionado a ampla área do vale do Paraíba e planície litorânea.

7 ANÁLISE DOS EVENTOS CRÍTICOS DE INTRUSÃO SALINA

O fenômeno de intrusão salina é observado por meio do avanço de uma cunha de água salgada em corpos hídricos de água doce. Segundo Cabral (1985), há uma região de equilíbrio hidrodinâmico entre a água doce e a água salgada abaixo da superfície do solo, na qual há variação gradativa de salinidade. Segundo ele, quando a água doce é retirada do subsolo, tem-se um desequilíbrio hidrodinâmico, fazendo com que a água salgada se movimente e avance para o interior do aquífero (Figura 7.1). Tal fenômeno causa salinização dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos. Ademais, o avanço de água salgada também pode ser dado em superfície, nos rios, a partir do momento em que a força da maré supera a força do rio no sentido jusante-montante. Dentre os fatores que auxiliam no avanço da cunha salina tem-se: as marés, períodos de estiagem, características geomorfológicas, captação de águas subterrâneas e redução da vazão do canal.

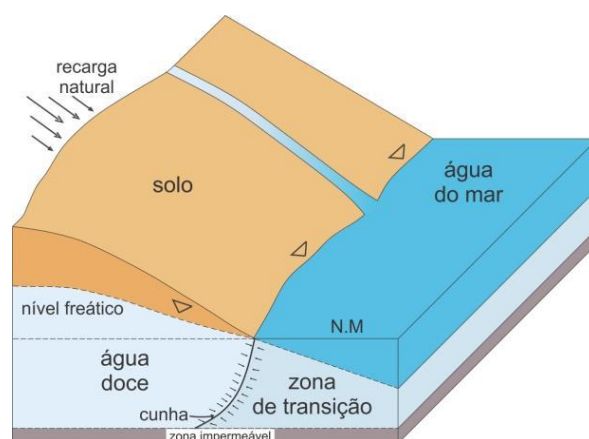


Figura 7.1 – Ilustração do fenômeno de intrusão salina

Fonte: ALVES et al. (2019)

O Estuário de Atafona, localizado na cidade de São João da Barra-RJ, vem sofrendo com a salinização de pontos de captação de água doce. Por meio do levantamento de dados e questionário preenchido por ocasião do produto anterior deste estudo (Anexo Digital 02 de Produto 02), foi informado que tal processo começou a ser agravado em 2014 e que há piora anual, gerando períodos de desabastecimento relacionados a captações na região.

O agravamento ocorrido a partir de 2014 tem estreita relação com a crise hídrica que se estendeu até 2019, causando significativa redução da vazão do Rio Paraíba do Sul em sua foz. Como consequência desta redução, os sedimentos carreados pelo curso principal da bacia se acumularam no Estuário de Atafona, causando o fechamento do canal em outubro

de 2019 (MESQUITA, 2020). Neste sentido, destaca-se o assoreamento do Rio Paraíba do Sul e o volume de sedimentos que o mesmo carrega. Segundo Rodrigues (2019), grande parte desses sedimentos são oriundos das sub-bacias dos rios Pomba e Muriaé, nas quais há áreas com solo exposto que ganharam espaço a partir da estiagem prolongada ocorrida no sudeste do Brasil, fazendo com que esse solo desprotegido fosse erodido e carregado até os rios que, conseqüentemente, desaguam no Paraíba. Com isso, a foz do rio passou a ser na praia de Gargaú, em São Francisco de Itabapoana, e permanece fechada até o momento da redação deste relatório (Figura 7.2 e Figura 7.3).

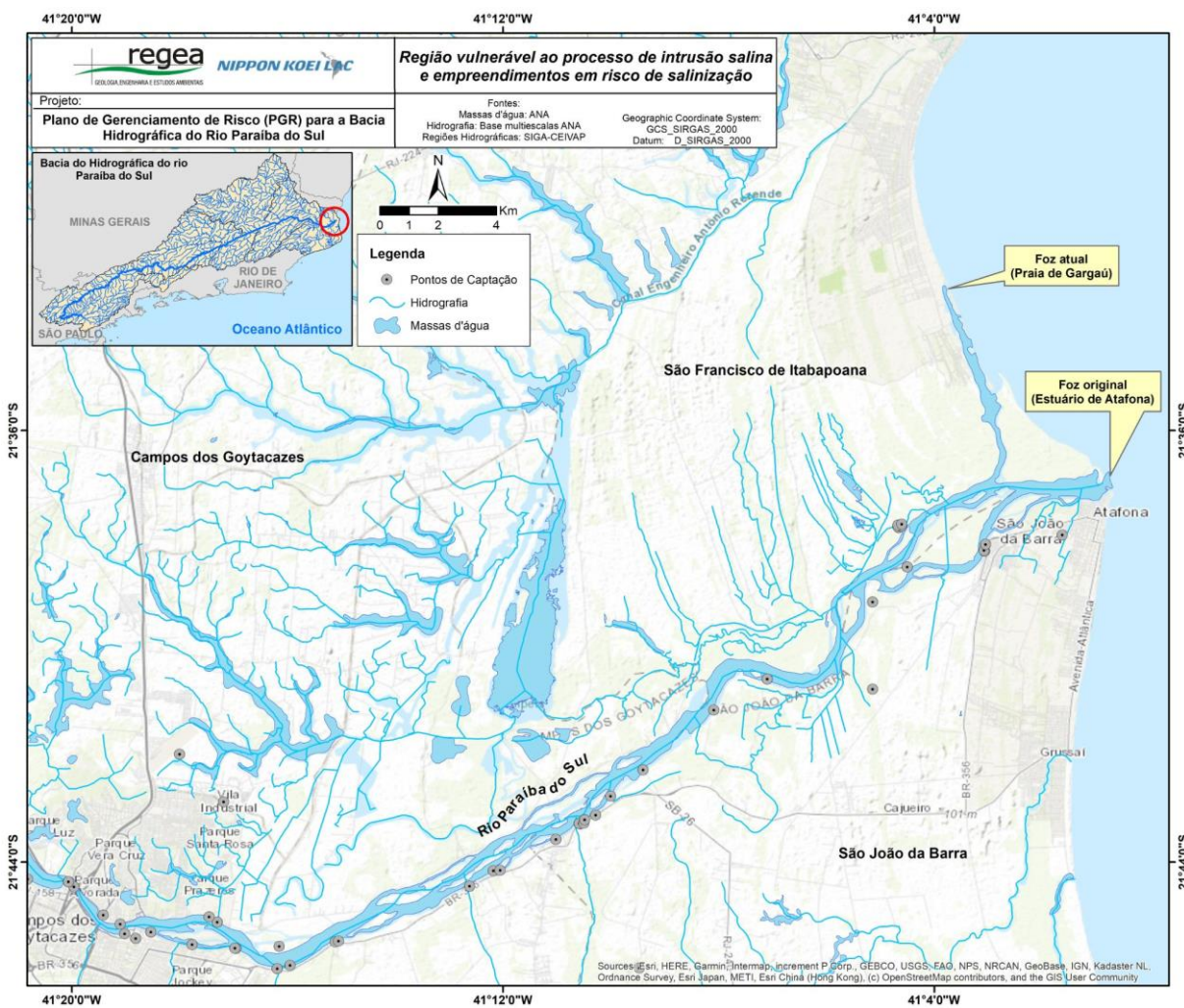


Figura 7.2 – Área de ocorrência de intrusão salina no Rio Paraíba do Sul: Estuário de Atafona e Praia de Gargaú

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.



Figura 7.3 – Foz do Rio Paraíba do Sul, em São João da Barra, fechada devido à deposição de sedimentos.

Fonte: Folha na Foz. Disponível em < https://www.folha1.com.br/conteudo/2019/10/na_foz/1254154-atafona-nao-e-mais-a-foz-do-rio-paraiba.html > Acesso em 08/07/2021

Como consequência, o principal município afetado pela intrusão salina continua sendo São João da Barra, devido à proximidade de sua área urbana ao estuário, mas agora pode-se incluir outros afetados por este processo, sendo São Francisco de Itabapoana e Campos dos Goytacazes.

Dito isto, um conjunto de processos, naturais e antrópicos, pode ser atrelado ao avanço da cunha salina na Baixada Campista, sendo: (a) redução da vazão do Rio Paraíba do Sul devido à períodos prolongados de estiagem, com destaque para os anos entre 2014 e 2019; (b) redução de vazão devido aos desvios e captações de água significativos à montante, com destaque para os reservatórios de Paraibuna, Santa Branca, Funil e a transposição para o Guandu (realizada por meio da Estação Elevatória da UHE Santa Cecília), sendo este último utilizado para suprir o abastecimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro; e (c) avanço mais intenso da maré devido às mudanças climáticas e consequente aumento do nível do mar, o qual já gerou outras consequências como a desocupação de casas próximas à Avenida Atlântica, em São João da Barra, que foram tomadas pelo mar.

Como consequência dos barramentos e transposição instalados ao longo da bacia, a vazão do Rio Paraíba em sua foz tornou-se baixa, em torno de $250\text{m}^3/\text{s}$, sendo que, segundo o CBH Baixo Paraíba do Sul, a vazão ideal seria entre 500 e $800\text{m}^3/\text{s}$ (GOMES, 2020). Com isso, a

redução da vazão faz com que o mar tenha ainda mais força para avançar no Rio Paraíba sentido montante.

A reportagem de GOMES (2020) indica ainda que o CBH Baixo Paraíba do Sul apontou diversas consequências negativas deste avanço da cunha salina na região, dentre elas:

- Aumento da salinidade na região da Baixada Campista;
- Redução do nível do lençol freático e elevação de sua salinidade;
- Redução da capacidade de produção de alimentos e potencial agrícola;
- Aumento da concentração de sais em rios e lagoas relacionado à alta evaporação e baixa pluviosidade; e
- Eutrofização acentuada de corpos hídricos.

7.1. Suscetibilidade a Intrusão Salina na Baixada Campista

Dois fatores podem ser destacados nesse produto em relação à suscetibilidade: as marés e a vazão do Rio Paraíba do Sul, as quais podem ocorrer associadas. A influência das marés é dada em dois momentos principais: na maré de quadratura, que é a mais fraca, a cunha salina tende a ficar mais a jusante, e na maré de sizígia, a mais forte, ocorre o avanço da cunha em direção a montante (INEA, 2013). Para análise do fator supracitado, faz-se uso, no presente trabalho, da modelagem realizada por meio do SisBaHiA® - Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental – da COPPE/UFRJ, apresentado no Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro, no relatório de INEA (2013). Neste, há a simulação de cenários considerando três zonas, de montante para jusante, em relação ao ciclo hidrológico e o mês lunar, sendo: (a) ZNA - Zona de oscilação de níveis de água ou “cabeça do estuário”, na qual há oscilações conforme períodos típicos de marés; (b) ZIC – Zona de inversão de correntes, o qual, como o próprio nome já aponta, é o trecho em que ocorre a inversão de sentido das correntes por efeito da maré; e (c) ZM – Zona de mistura, trecho qual a água começa a ficar salobra, com valores entre 0,5 e 30 ups.

O período de análise do modelo no referido trabalho foi de 30 dias, o qual contemplou dois períodos de quadratura e sizígia. Ademais, os dados utilizados para a modelagem dos cenários foram: Mapa base oriundo de imagem *Google Earth* para delimitação da área de estudo; Malha, que corresponde a “*discretização espacial do meio contínuo através da definição geométrica de elementos finitos*” (p. 11); e Dados de meio físico, sendo, batimetria estimada por meio de carta náutica; rugosidade; maré, analisada por meio do gradiente de

pressão barotrópico; salinidade, analisada por meio do gradiente de pressão baroclínico, onde a água foi considerada salgada a partir de 0,5 ups; vento, considerando direção Nordeste com magnitude de 5m/s; e vazões, considerando os valores de vazão de estiagem e de vazão máxima outorgável, sendo:

- Cenário atual típico: valor de vazão (m³/s) $Q_{7,10} = 247,00$;
- Cenário atual extremo: valor de vazão (m³/s) $Q_{7,10} = 247,00$;
- Cenário 50 anos típico: valor de vazão (m³/s) $0,5 \times Q_{7,10} = 123,50$;
- Cenário 50 anos extremo: valor de vazão (m³/s) $0,5 \times Q_{7,10} = 123,50$ (INEA, 2013).

Ressalta-se que o trabalho aqui usado como referencial não teve obtenção de dados em campo, fazendo com que o mesmo apresente uma avaliação de cunho qualitativo, refletindo também na delimitação das áreas que, para uma maior acurácia, necessita de medições em campo.

Os dados finais de cenários apresentados pelo INEA (2013) para o Rio Paraíba do Sul foram transformados em *shapefiles* para que pudessem ser sobrepostos aos dados de empreendimentos em análise e, conseqüentemente, correlacionados (Figura 7.4). Tais dados consideram as seguintes descrições de cenários:

I. Cenário atual:

I.1 Típico: Marés de sizígia e quadratura típicas em condições de estiagem;

I.2 Extremo: considerando marés de sizígia com maré meteorológica de 7 dias com altura de 0,8 m, em épocas de estiagem. A subida da maré meteorológica levará 3 dias, gerando sobre elevação de 0,8 m no nível médio do mar (NMM) em dia de maré de sizígia. A descida do NMM ocorrerá em 5 dias.

II. Cenário de 50 anos, com efeitos de mudanças climáticas: Considera-se que, por efeito de mudanças climáticas, os seguintes condicionantes serão alterados: Nível médio do mar estará mais alto que o atual em 0,5 m; Alturas de marés meteorológicas poderão chegar a 1,0 m; Vazões de estiagem poderão ser mais baixas.

II.1 Típico: Marés de sizígia e quadratura típicas em condições de estiagem;

II.2 Extremo: considerando marés de sizígia com maré meteorológica de 7 dias com altura de 1,0 m, em épocas de estiagem. A subida da maré meteorológica levará 3 dias, gerando sobre elevação de 1,0 m no nível médio do mar, 0,5 m acima do atual, em dia de maré de sizígia. A descida do NMM ocorrerá em 5 dias.” (INEA, 2013 p.06)

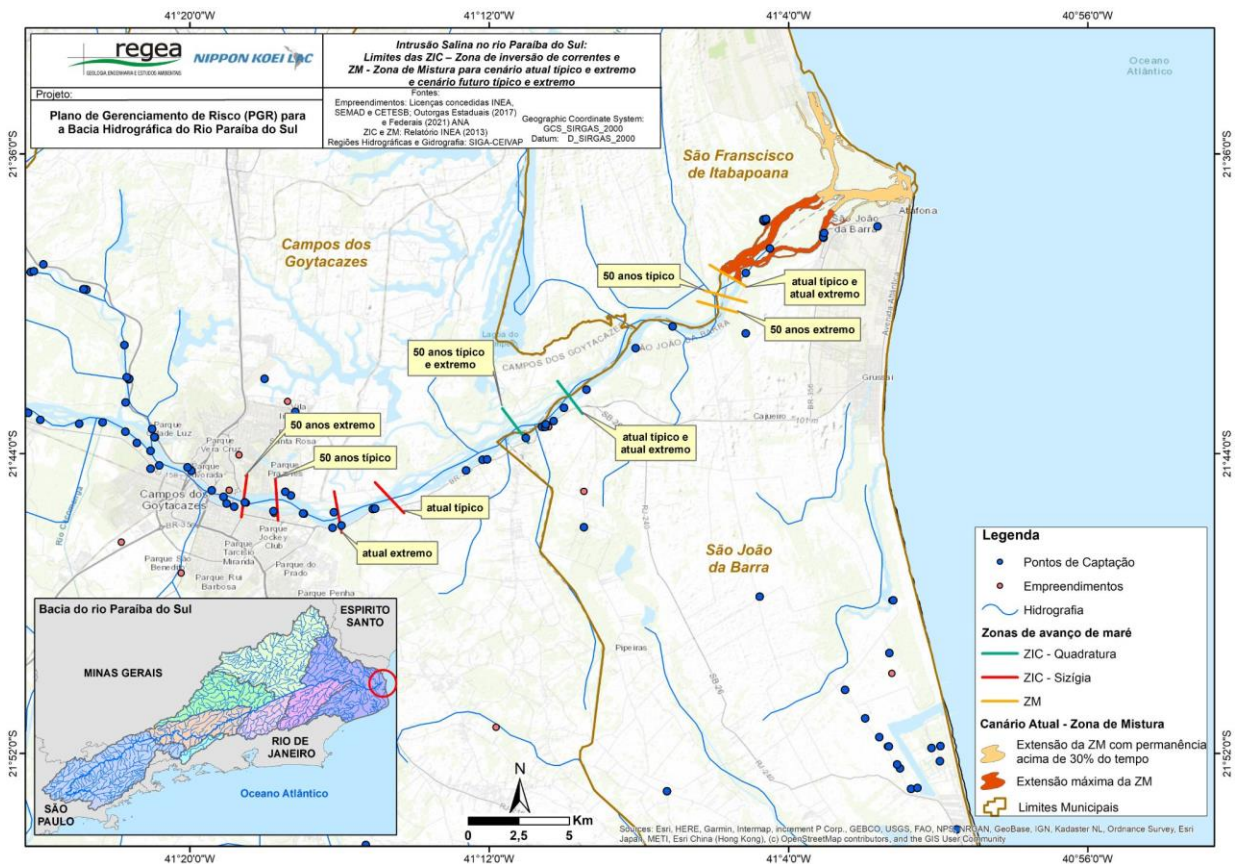


Figura 7.4 – Mapa de modelagem do avanço da cunha salina para cenários atual típico, atual extremo, 50 anos típico e 50 anos extremo

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Deve-se salientar que no mapa acima não aparecem 4 limites para ZIC - Quadratura, pois a modelagem do INEA (2013) desconsiderou suas variações, pois tinha como foco principal a influência da maré de sizígia. Sendo assim, no mapa são representadas, na mesma posição, as marés típicas de quadratura para os cenários típicos e extremos. O INEA ainda considera que, como efeito das mudanças climáticas, espera-se entradas de frentes frias mais severas, as quais terão reflexo direto para maiores marés meteorológicas, acarretando na mudança de limiares destas três zonas supracitadas para sentido montante.

Dito isto, o modelo indica que em todos os cenários de maré de sizígia não só as cidades de São João da Barra e São Francisco de Itabapoana são afetadas, mas também a cidade de

Campos dos Goytacazes, a qual possui um número expressivo de outorgas que podem ser afetadas pela salinização. Por outro lado, os limites de avanço em maré de quadratura ficam restritos a São João da Barra, até a região de Barcelos, bairro que foi indicado na reportagem de GOMES (2020) como local afetado por salinização.

Deste modo, com base na modelagem do INEA (2013) e nas ottobacias nível 6, realizou-se um mapeamento da suscetibilidade à intrusão salina, o qual foi classificado da seguinte forma (Figura 7.5):

- **Suscetibilidade muito alta:** Todas as ottobacias localizadas sentido jusante a partir do limite de ZM atual típico e atual extremo;
- **Suscetibilidade alta:** Todas as ottobacias localizadas entre os limites de ZM atual típico e atual extremo e ZIC - Quadratura atual típico e atual extremo;
- **Suscetibilidade média:** Todas as ottobacias localizadas entre ZIC - Quadratura atual típico e atual extremo e ZIC- Sizígia atual típico;
- **Suscetibilidade baixa:** Todas as ottobacias localizadas entre ZIC- Sizígia atual típico e ZIC- Sizígia 50 anos extremo;
- **Suscetibilidade nula:** Todas as ottobacias fora dos limites estipulados pela modelagem.

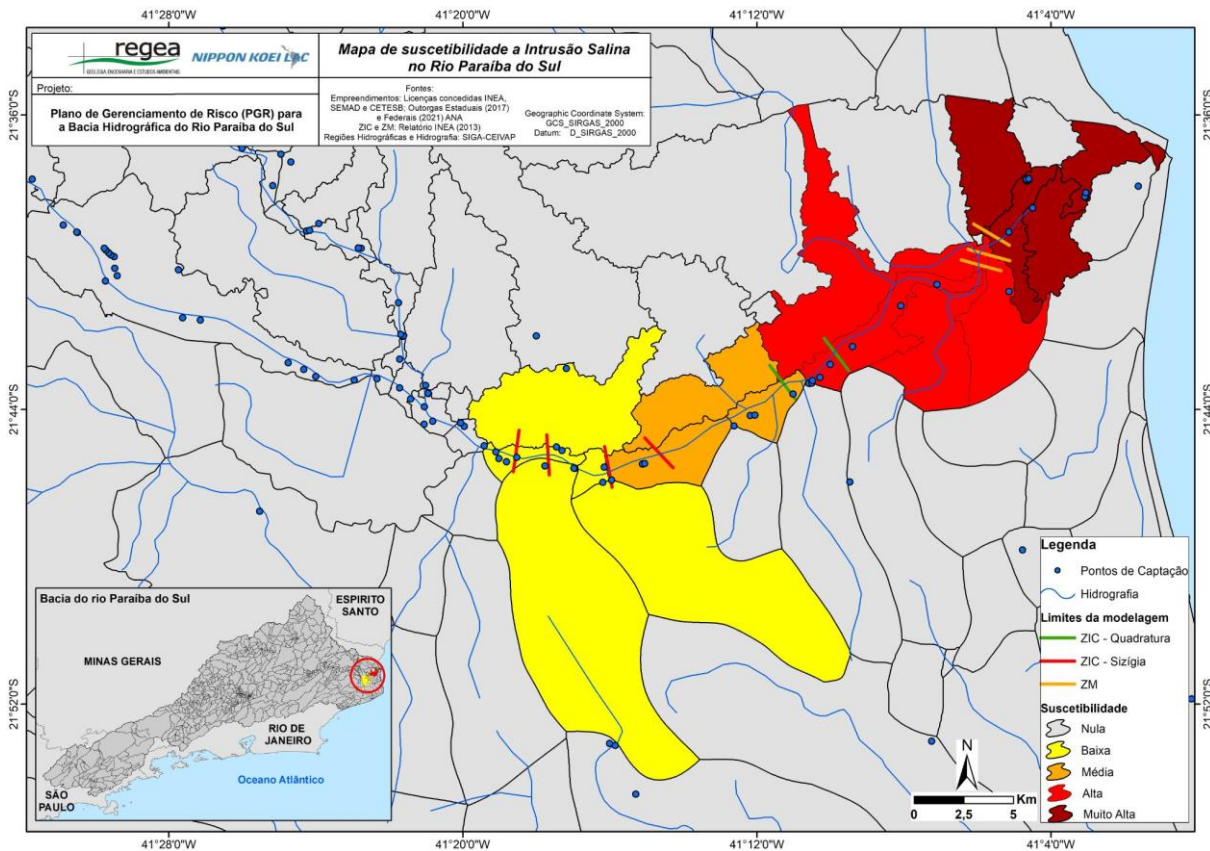


Figura 7.5 – Mapa de suscetibilidade de intrusão salina em ottobacias nível 6 da bacia do Rio Paraíba do Sul

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

A ottobacia 792129, localizada em Campos dos Goytacazes e relativamente próxima à ZIC - Sizígia, possui um ponto de captação e seria plausível sua classificação quanto à suscetibilidade. Contudo, pela análise hidrográfica em maior escala de detalhe, seu curso principal corre sentido leste e encontra com o Rio Paraíba do Sul apenas na ZM, tendo então uma longa distância percorrida. Dessa forma, pelo fato de não se ter dados de modelagem para avanço de salinidade nos afluentes, não é possível classificar tal local. Considera-se que, pela distância do ponto até o encontro com o Rio Paraíba do Sul, não seja possível a salinização desta captação a partir de avanço de cunha salina.

Logicamente, tal suscetibilidade está correlacionada com a região hidrográfica da foz da bacia, devido ao fato de esta ser exorréica. Por esse motivo, seria pertinente a classificação de suscetibilidade não só ligada ao curso principal, mas também para seus afluentes que compõem o estuário. Contudo, a suscetibilidade foi mapeada conforme a modelagem realizada estritamente à calha do Rio Paraíba do Sul e, por isso, não foi possível mensurar o nível de avanço da cunha salina em afluentes diretos.

O mapa apresentado acima foi interpolado com as informações de estiagens modeladas e apresentadas no capítulo anterior, para definição da probabilidade de ocorrência deste fenômeno. Apresenta-se tal correlação no item 7.3.

Tendo como foco apenas as estiagens, sem considerar a interferência de marés meteorológicas ou mês lunar, deve-se ter em mente o padrão de chuvas, que pode estar sendo alterado pelas mudanças climáticas, refletindo diretamente na vazão do canal principal e de seus afluentes. Neste sentido, Smiderle (2014) aponta que durante um período agudo de estiagem, a captação de água por parte da CEDAE – Companhia Estadual de Água e Esgoto chegou a ser interrompida todas as vezes que a maré alcançava 1,20 metros e que a cunha salina chegou a avançar, pelo menos, 5,5 Km rio adentro. Aliado a isso, Nunes *et al.* (2019) apresentaram valores de salinidade do Rio Paraíba do Sul em momentos de diferentes vazões. No primeiro cenário, a vazão do rio apresentava-se cerca de 120m³/s inferior ao segundo cenário, corroborando com um aumento de 164% de salinidade da água.

Marengo e Alves (2005) apontam possíveis causas de redução sistemática de vazão do Rio Paraíba do Sul, as quais podem ter influência direta no processo de intrusão salina, sendo: construções de barramentos para abastecimento e produção de energia, desvios de rios para uso em agricultura, assoreamento do canal e mudanças gradativas no regime pluviométrico na bacia ligadas à mudanças climáticas. Deve-se ressaltar, ainda, a transposição de vazão do curso principal na barragem da Light, UHE Elevatória Santa Cecília, na qual houve a transferência de, aproximadamente, 120m³/s para o rio Guandu (PROFILL, 2021), sendo então um ponto agravante importante para a redução de vazão no estuário de Atafona.

7.2. Influência da salinidade em pontos de captação

Volta-se agora a atenção ao impacto da salinidade das águas no Rio Paraíba do Sul para suas outorgas de captação em São João da Barra, São Francisco de Itabapoana e Campos dos Goytacazes.

No limite da modelagem, de Zona de Mistura até a ZIC-Sizigia, contabilizou-se 54 pontos de captação outorgados, de domínio estadual e da União. O gráfico da Figura 7.6 abrange os pontos que se encontram até o limite ZIC - Quadratura Extremo, correspondendo a 35 outorgas divididas em 5 categorias. Percebe-se que a maioria é destinada a indústrias, seguidas por “outras” (usos diversos) e irrigação. Considerando apenas a Zona de Mistura, a

qual possui maiores valores de salinidade em relação às outras Zonas, tem-se 16 pontos de captação até seu limite extremo. Já na região de influência de ZIC-Sizigia (Figura 7.7) existem 19 pontos de captação outorgados as quais seguem o mesmo padrão que em São João da Barra, onde a maioria é destinada a indústrias, seguidas por “outras” (usos diversos) e irrigação.



Figura 7.6 – Finalidades de usos da água de outorgas de captação estaduais e federais possivelmente afetadas por ZIC - Quadratura no Rio Paraíba do Sul, localizadas em São João da Barra – RJ e São Francisco de Itabapoana.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio com base nas outorgas federais da ANA (2021)

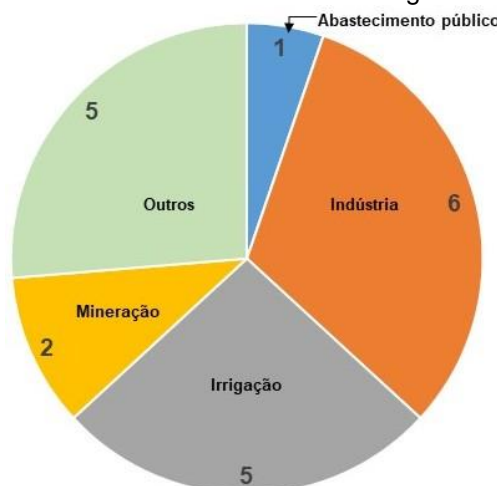


Figura 7.7 – Finalidades de usos da água de outorgas de captação estaduais e federais possivelmente afetadas por ZIC - Sizigia no Rio Paraíba do Sul, localizadas Campos dos Goytacazes.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio com base nas outorgas federais da ANA (2021)

Ressalta-se que o INEA (2013) recomenda que os locais onde há mistura de água doce com água salgada não possuam outorgas. Contudo, como pôde-se ver pelos gráficos acima, existem diversas captações em locais com constante salinidade e outras com salinidade

variável (a depender da maré e efeitos climatológicos e meteorológicos). Corroborando com tal dado, o INEA confirmou que a captação da CEDAE, para o abastecimento de São João da Barra, é realizada a cerca de 5 Km (região da Zona de Mistura definida pela modelagem) de distância da foz e que a mesma apresenta dificuldades de captação devido ao processo de avanço da cunha salina (MONTEIRO, 2021).

Em suma, a salinização desses pontos de captação pode gerar impacto direto no setor socioeconômico local, devido à quantidade de outorgas voltadas para esse ramo, além de interrupção de abastecimento público, como já relatado por Smiderle (2014).

7.3. Probabilidade de Intrusão Salina na Baixada Campista

Para atribuição da probabilidade de ocorrência de intrusão salina, os dados de suscetibilidade foram interpolados com os dados de probabilidade de seca. Para isso, utilizou-se dos dados de duas estações fluviométricas, sendo a Estação Muriaé (Código 58915000), localizada no rio homônimo, e a Estação São Fidélis (Código 58880001), localizada no Rio Paraíba do Sul. A primeira foi utilizada por se tratar da única estação alocada em afluente importante, o qual deságua já na área suscetível à intrusão. E a segunda foi utilizada por ser a mais próxima da área *core* do processo. Ambas apresentam probabilidade alta para secas, corroborando os dados que apontam tal CBH como relacionado à bacia mais crítica para seca, refletindo na redução da vazão do canal e avanço da salinidade.

Como ambas as estações fluviométricas consideradas para a presente análise mostraram alta probabilidade para estiagens prolongadas, admite-se a correlação com a suscetibilidade ilustrada no Quadro 7.1.

Quadro 7.1 – Matriz de probabilidade de ocorrência de intrusão salina em função da suscetibilidade e da probabilidade de estiagens prolongadas

Probabilidade de Estiagens Prolongadas	Suscetibilidade a Intrusões Salinas				
	Muito Baixa ou Nula	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Muito Baixa ou Nula	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Baixa	Probabilidade Baixa
Baixa	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Baixa	Probabilidade Média	Probabilidade Média	Probabilidade Média
Média	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Baixa	Probabilidade Média	Probabilidade Alta	Probabilidade Alta
Alta	Probabilidade	Probabilidade	Probabilidade	Probabilidade	Probabilidade

	Quase Nula	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Muito Alta	Probabilidade Quase Nula	Probabilidade Média	Probabilidade Alta	Probabilidade Muito Alta	Probabilidade Muito Alta

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Desta forma, as classificações de suscetibilidade e de probabilidade receberam as mesmas classes às ottobacias, como observado no mapa da Figura 7.8. As ottobacias mais próximas à foz ou pertencente à ela possuem probabilidade muito alta de ocorrência de intrusão salina, corroborada pela distância até o mar, bem como pela probabilidade de estiagem e redução de vazão do canal. Ao passo que no limite entre São João da Barra e Campos dos Goytacazes a probabilidade varia de alta para média, e mais a oeste, sentido montante, na cidade de Campos, ainda se observa uma probabilidade baixa, relacionada à junção de maré de sizígia e estiagem prolongada. É necessário reforçar, o que já foi descrito anteriormente, que essa região possui uma concentração de pontos de captação de água que podem ter seu abastecimento interrompido por conta do avanço desse processo hidrodinâmico.

Ademais, como dito anteriormente neste capítulo, os afluentes também sofrem influência de salinização. Como não foi possível mensurar o avanço da cunha salina nesses corpos hídricos, o mapa abaixo apresenta as ottobacias de afluentes que podem sofrer com a salinização, por estarem diretamente relacionadas com trechos prováveis de ocorrência deste processo. Os mesmos são apresentados em contornos coloridos respectivos à classificação de probabilidade da ottobacia em que deságua (Figura 7.8).

Por fim, considerou-se também a possibilidade de intrusão salina por meio de processo hidrogeológico. Contudo, como a quantificação de probabilidade necessita de ensaios em campo e/ou modelagem, no presente produto apresentamos áreas que podem ser suscetíveis a intrusão salina, tendo por base uma análise geomorfológica da planície costeira e sua respectiva delimitação (Figura 7.8).

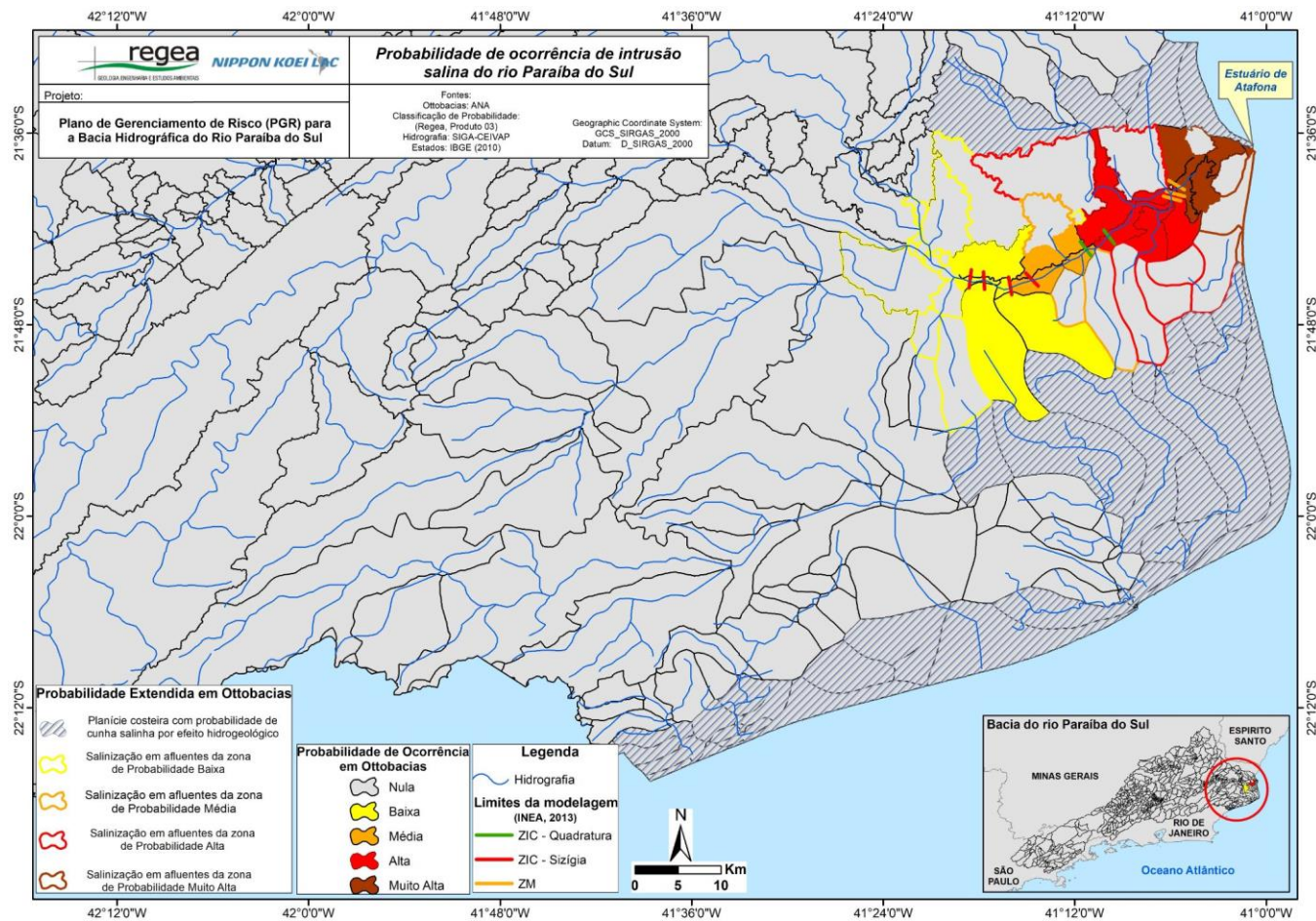


Figura 7.8 – Mapa de probabilidade de ocorrência de intrusão salina na bacia do rio Paraíba do Sul

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

8 ANÁLISE DOS EVENTOS CRÍTICOS DE CONTAMINAÇÃO POR POLUENTES

A bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul localiza-se em um eixo econômico importante para o Brasil: o eixo Rio - São Paulo, também conhecido como Megalópole, devido à conurbação existente entre o complexo metropolitano expandido dos dois estados. Dado a esse fato, possui uma estrutura urbana bastante desenvolvida, corroborando a localização de importantes rodovias, como a BR-116 (Rodovia Presidente Dutra), presença de polidutos transportando óleos e minérios ao longo de sua área e local de importantes polos industriais, tendo como exemplo as cidades de Volta Redonda-RJ e São José dos Campos-SP. Ademais, mesmo estando fora deste eixo, Minas Gerais também apresenta cidades com significativa importância industrial, como Juiz de Fora.

Deve-se considerar que esses empreendimentos fabricam, estocam e transportam produtos perigosos, tóxicos ou potencialmente poluentes aos corpos hídricos, tendo reflexo direto no abastecimento da população em caso de acidente. Devido a tamanha expressão urbana, industrial e de transporte de produtos perigosos ou potenciais poluentes, o Rio Paraíba do Sul e seus afluentes encontram-se vulneráveis a possíveis contaminações em todas as suas regiões hidrográficas.

Assim, tendo por base a classificação COBRADE, os desastres listados no Quadro 8.1 foram os considerados no projeto como plausíveis de contaminação da bacia e serão analisados a partir de correlação com os tipos de empreendimentos implantados na área de estudo.

Quadro 8.1 – Desastres tecnológicos analisados nesta etapa de acordo com a classificação COBRADE

	<i>Grupo</i>	<i>Subgrupo</i>	<i>Tipo</i>	<i>Subtipo</i>	<i>Definição</i>	<i>COBRADE</i>
2. Tecnológicos	2. Desastres relacionados a produtos perigosos	2. Desastres relacionados à contaminação da água	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
		4. Desastres relacionados a transporte	1. Transporte rodoviário	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal rodoviário.	2.2.4.1.0
			2. Transporte ferroviário	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal ferroviário.	2.2.4.2.0
			4. Transporte dutoviário	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal dutoviário.	2.2.4.4.0
	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

Fonte: Adaptado da Instrução Normativa nº 01, de 24/08/2012 do Ministério da Integração Nacional

Incluem-se na lista em questão os incêndios de grandes proporções, pois podem também ser emissores de potenciais poluentes à bacia a depender do tipo de material queimado, o qual pode gerar um subproduto carbonizado passível de contaminação, além do uso de LGE – Líquido Gerador de Espuma, que trata-se de um detergente líquido concentrado utilizado pelos bombeiros para apagar as chamas, que pode fluir diretamente aos corpos hídricos.

A seguir, são descritos pontualmente alguns eventos ocorridos na bacia e seus reflexos, a fim de exemplificar o tipo e porte das consequências geradas por poluentes na área de estudo.

Vale destacar que tais eventos estão considerados no contexto do levantamento já realizado na etapa anterior deste estudo e que continua sendo realizado, uma vez que novos eventos que sejam identificados ao longo do tempo também deverão ser considerados nas análises e no presente estudo.

Primeiramente destaca-se o caso ocorrido em 18 novembro de 2008, em que a Servatis, empresa de produtos químicos localizada em Resende-RJ, registrou uma ocorrência de vazamento de pesticida devido a falha humana. Segundo o IBAMA (2009), houve um vazamento de endosulfan através de uma falha no descarregamento do produto em virtude do vazamento do dique de contenção para o sistema pluvial. Estimou-se que o equivalente a 1.600 litros de produto em estado puro foi liberado e, por se tratar de um produto tóxico, causou imensa mortandade de peixes. Ademais, foi necessária a veiculação de mensagem por meio de mídia recomendando a suspensão da atividade pesqueira e do consumo de peixe por ocasião da passagem da pluma de contaminação em cada região do estado. Em decorrência do acidente, houve paralisação na captação de água nas estações de tratamento e, como consequência, houve desabastecimento de água potável nos municípios localizados no trecho fluminense do Rio Paraíba do Sul, a jusante do local do acidente, resultando em mais de 700.000 pessoas afetadas (IBAMA, 2009).

O evento relaciona-se a um vazamento que atingiu o Rio Pirapetinga e matou mais de 80 toneladas de peixes e causou a interrupção do fornecimento de água em sete cidades na área (GÓES, 2008). *“Pela quantidade de peixes e animais mortos, pode-se dizer que será necessário uns dez anos ou mais para que toda essa vida volte ao que era antes”* disse Cintia Sibucs à reportagem de Paula Góes. Segundo a reportagem de Alencar (2020), até a data de publicação da matéria, a Servatis, mesmo depois de decretada falência, ainda armazenava 4 milhões de litros de produtos químicos e um reator desativado com 400 quilos de sódio metálico a 1,3 quilômetro das margens do Rio Paraíba do Sul. Com isso, o local pode estar propício a incêndio e a vazamento de produtos perigosos para a bacia.

Já na cidade de Volta Redonda, a CSN – Companhia Siderúrgica Nacional foi processada por contaminar uma área próxima ao curso principal da bacia, gerando um fluxo de efluentes tóxicos, além de também descartar resíduos industriais perigosos entre os anos de 1986 e 1999, sem as devidas licenças ambientais e cautelas necessárias. Tais práticas acarretaram na contaminação do solo e das águas subterrâneas, as quais comprometeram a qualidade da água do Rio Paraíba do Sul devido à contaminação por substâncias como chumbo, benzeno,

naftaleno, bifenilas policloradas, cromo, dioxinas, furanos e xilenos (Diário do Porto, 2019). Além disso, no ano de 2018, a mesma empresa recebeu uma ação judicial por um depósito de lixo químico (escória de aciaria), com 30 metros de altura, a apenas 50 metros da margem do Rio Paraíba do Sul. Na época, diariamente eram despejados 100 caminhões do produto no local, gerando a contaminação do solo, manancial e do lençol freático (LUCENA, 2019). O caso dessa pilha de produtos químicos se enquadra não só no risco ativo citado anteriormente, como também risco passivo, dado ao fato de que se a mesma for atingida por um evento hídrico, inundação ou enxurrada, todo o material será carregado para o curso, prejudicando a qualidade da água e captação de cidades à jusante, o que, segundo a reportagem citada, causaria um colapso hídrico na região.

Em Minas Gerais, a empresa Nexa Resources, antiga Votorantim Metais e Zinco S.A., localizada em Juiz de Fora, foi indicada em um relatório sobre a qualidade das águas superficiais no estado de Minas Gerais, como responsável por contaminação de cádmio no rio Paraibuna entre os anos de 1997 a 2005 (CETEM, 2012). Já no município de Caçapava, em 2 de maio de 2020, a Cetesb registrou um vazamento de óleo não classificado, devido a falha mecânica em uma indústria. O produto fluiu para as galerias pluviais, causando a contaminação da água, do solo, da flora e da fauna. (CETESB, 2021b). Não houve informação sobre consequências no abastecimento de água.

Em 5 de maio de 2013, um vazamento de 8.000 litros de óleo diesel no duto da Transpetro atingiu os afluentes Rio Formoso e Sesmarias, chegando ao Rio Paraíba do Sul, no trecho da cidade de São José do Barreiro-SP. Devido à dependência de captação de água deste curso, três cidades do sul do estado do Rio de Janeiro tiveram seu abastecimento total ou parcialmente interrompido, sendo, Porto Real, Quatis e Barra Mansa. A causa do acidente foi uma tentativa de furto em uma válvula do duto, fazendo com que o produto vazasse (G1, 2013).

Acidentes rodoviários são os mais corriqueiros dentre os listados acima, contudo, nem todos envolvem produtos perigosos e, conseqüentemente, conseqüências negativas à qualidade da água. Um exemplo que pode ser ilustrado aqui ocorreu em Guararema-SP, na SP-070 (Rodovia Governador Carvalho Pinto) no dia 5 de outubro de 2019. Segundo a CETESB (2021b) um caminhão tanque tombou após colidir com dois veículos, acarretando em vazamento de óleo diesel e etanol, que estavam sendo transportados, diretamente para a

canaleta de drenagem. A liberação do produto atingiu o solo e a água, mas também não houve informação sobre consequências no abastecimento da região.

Os casos supracitados indicam a vulnerabilidade dos recursos hídricos a diversos produtos perigosos, tóxicos ou potencialmente poluentes, os quais podem contaminar a água de diversas maneiras, como acidentes, falha humana em indústria, furto em válvula, tombamento de caminhões, corrosão em tanques, rompimentos de diques, incêndios de grande proporção, e muitos outros processos. Dado a isso, faz-se necessária uma análise desses possíveis cenários através do tipo de empreendimento instalado na área de estudo e seus possíveis riscos à qualidade da água da bacia, como será exposto no tópico que segue.

8.1 Identificação dos desastres para a análise

Para análise dos eventos segundo esta tipologia, parte-se da premissa que aqueles que causam riscos aos recursos hídricos podem ser avaliados pela identificação dos desastres passíveis de ocorrer na área. Com isso, para analisar as possibilidades de acidentes e desastres envolvendo os empreendimentos instalados na bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, foram utilizadas bases de licenças concedidas e outorgas vigentes dentro da área da bacia. Para obtenção de tais dados foram utilizados os seguintes dados georreferenciados: outorgas federais (2021), outorgas estaduais (2017) e barragens (Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB, 2021), ambas advindas da base do SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos de gestão pela ANA; e também licenças concedidas pela CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais e INEA – Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro.

Contudo, a última base supracitada encontra-se um pouco desfalcada de dados, pois parte desse registro encontra-se em arquivo físico. Devido à pandemia de COVID-19, que alterou as estruturas de trabalho presencial nos anos de 2020 e 2021, a obtenção de tais dados foi prejudicada. Destarte, foram utilizadas as outorgas da ANA como forma de suprir tal falta até que a compilação das licenças seja possível, a ser realizada e apresentada até o Produto 05 do presente projeto.

O início da análise contou com um total de 5.290 empreendimentos, contudo, nem todos são pertinentes à análise de risco aqui abordada, devido ao seu porte e/ou finalidade. Com isso, o primeiro filtro realizado na lista se deu por meio do porte dos empreendimentos, levando à exclusão de grande parte das Microempresas (ME) e Empresas de Pequeno Porte (EPP). Nessa gama de empresas não foram excluídos postos ou locais de armazenamento de combustíveis – devido a periculosidade do produto para contaminação de corpos hídricos – e também as lavras de minas, devido a sua quantidade e possibilidade de ruptura de pequenas barragens ou cavas. Com isso restaram 2.658 empreendimentos para análise.

Por fim, realizou-se uma análise em SIG por meio de buffer e exclusão manual de empreendimentos duplicados, haja vista que um mesmo empreendimento poderia constar na base de licenças, bem como na base de outorgas, resultando, assim, em 1.748 empreendimentos.

As bases originais apresentavam a descrição de suas categorias de maneira muito heterogênea, sendo que algumas tinham nomes mais curtos e diretos e outras, nomes mais extensos e detalhados. Dessa forma, foi necessária uma padronização das categorias, para um agrupamento de empreendimentos e posterior análise de seus potenciais riscos. Com base nisso, a definição de categorias de agrupamento e a exclusão de algumas dessas tiveram como fundamentação a tabela síntese do licenciamento, disponível no site da Cetesb (CETESB, 2021a).

Os empreendimentos que foram agrupados em categorias e removidos da análise são referentes a: Abate ou criação de animais; Agricultura e Aquicultura; Aeroportos; Cemitérios; Hospitais; Residencial; Fabricação de móveis; Comércio e Serviços; e Outros (ex. fabricação de jogos, depósito de sucata, fabricação de carvão vegetal). Por outro lado, com base na ameaça que o empreendimento pode ou não gerar para a bacia, foram definidas as seguintes Categorias (1º nível de similaridade), Atividade (2º nível) e Finalidade (3º nível, sendo o mais detalhado) que são discriminados no Quadro 8.2. O resultado espacializado dos empreendimentos em análise nesse produto encontra-se na Figura 8.1. Em seguida, da Figura 8.2 à Figura 8.10 é apresentada a distribuição das categorias, atividades e finalidades dos empreendimentos.

Quadro 8.2 – Descrição das Categorias, Atividades e Finalidade dos empreendimentos em análise

Categoria	Atividade	Finalidade
Barragens de resíduo/rejeito	Contenção de resíduos industriais	N/A
	Contenção de rejeitos de mineração	N/A
Barramentos em geral	Reservatório/Barramento/Regularização de Vazões	Abastecimento humano
		Aquicultura
		Defesa contra inundações
		Industrial
		Irrigação
		Paisagismo
		Proteção do meio ambiente
		Recreação
		Regularização de vazão
Combustível e/ou lubrificante (revendedor e/ou armazenamento)	Base de armazenamento e distribuição de lubrificantes, combustíveis líquidos derivados de petróleo, álcool combustível e outros	N/A
	Comércio varejista de combustíveis e lubrificantes derivados de petróleo	N/A
Destinação de resíduos inertes		N/A
	Aterro para resíduos não perigosos - classe II, de origem industrial	N/A

Categoria	Atividade	Finalidade
Destinação de resíduos não-inertes	Aterro para resíduos perigosos - classe I, de origem industrial	N/A
	Reciclagem ou regeneração de produtos químicos.	N/A
Empreendimentos de grande porte		N/A
Esgotamento sanitário	Estação de tratamento de esgoto sanitário	N/A
	Estação elevatória de esgoto	N/A
Indústria	Alimentícia	Açúcar
		Carnes
		Derivados do cacau
		Bebidas
		Grãos
		Laticínios
		Massas e Farinhas
		Outros
		Ração animal
	Explosivos	N/A
	Fabricação de cerâmica	N/A
	Fabricação de fumo	N/A
	Fabricação de gases	N/A
	Fabricação de papel	N/A
Indústria de alumínio	N/A	
Indústria de cimento e concreto	N/A	
Indústria de plástico	N/A	

Categoria	Atividade	Finalidade
	Instalações e plantas industriais em geral	N/A
	Metalurgia	N/A
	Produtos de borracha	N/A
	Produtos têxteis	N/A
Indústria Química	Agrotóxicos	N/A
	Cosméticos	N/A
	Medicamentos	N/A
	Óleos	Fabricação de óleos lubrificantes básicos
		Biodiesel
	Outros	Produção de substâncias químicas e de produtos químicos inorgânicos, orgânicos, organo-inorgânicos
	Petróleo	N/A
	Produtos químicos inflamáveis	N/A
	Substâncias químicas	N/A
Tintas	N/A	
Mineração	Extração de Bauxita	Extração Mineral
	Lavra	Extração de areia
		Extração mineral
		Lavra a céu aberto - Minerais metálicos, exceto minério de ferro

Categoria	Atividade	Finalidade
	Tratamento e beneficiamento	Indústria
	Rejeito	Pilha de rejeito/estéril
Produção de energia	Barragem hidrelétrica	CGH
		Hidrelétrica*
		PCH
		UHE
	Bioenergia	N/A
	Subestação	N/A
	Termoelétrica	N/A

*Nessa categoria foram enquadrados os barramentos sem obtenção de informação de porte
N/A = Não se aplica

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

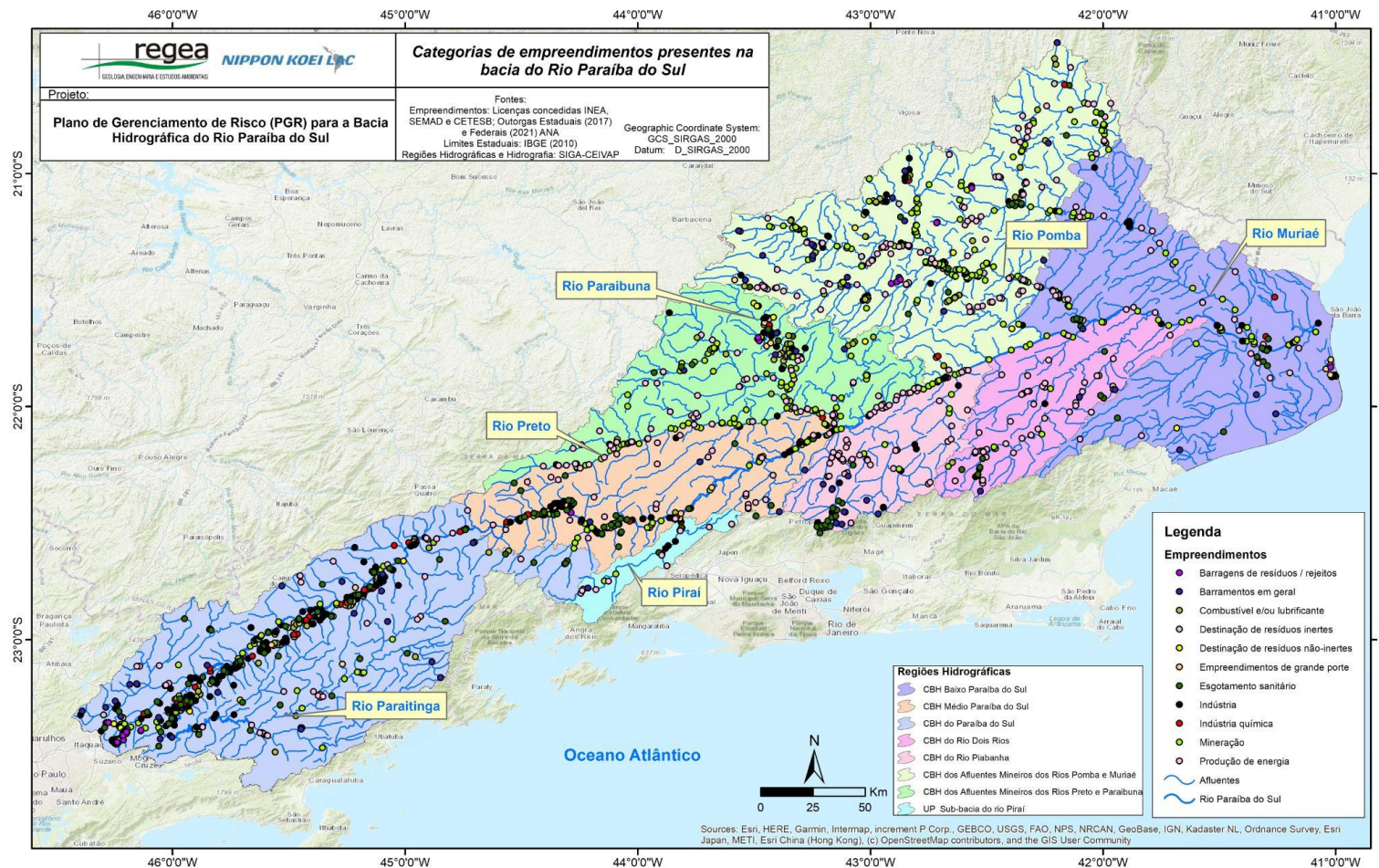


Figura 8.1 – Mapa dos empreendimentos de médio e grande porte, emissores de risco ativo, na bacia do Rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

CONSÓRCIO NIPPON/REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303, São Paulo-SP

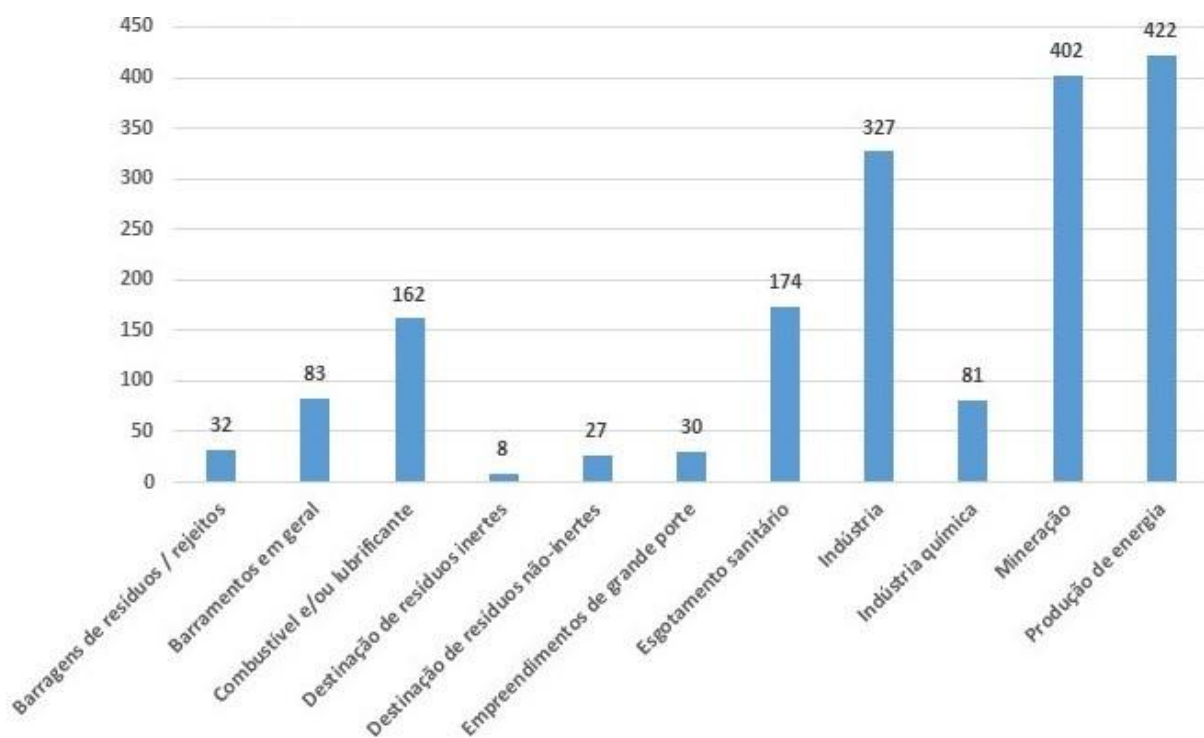


Figura 8.2 – Categorias de empreendimentos analisados na bacia

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

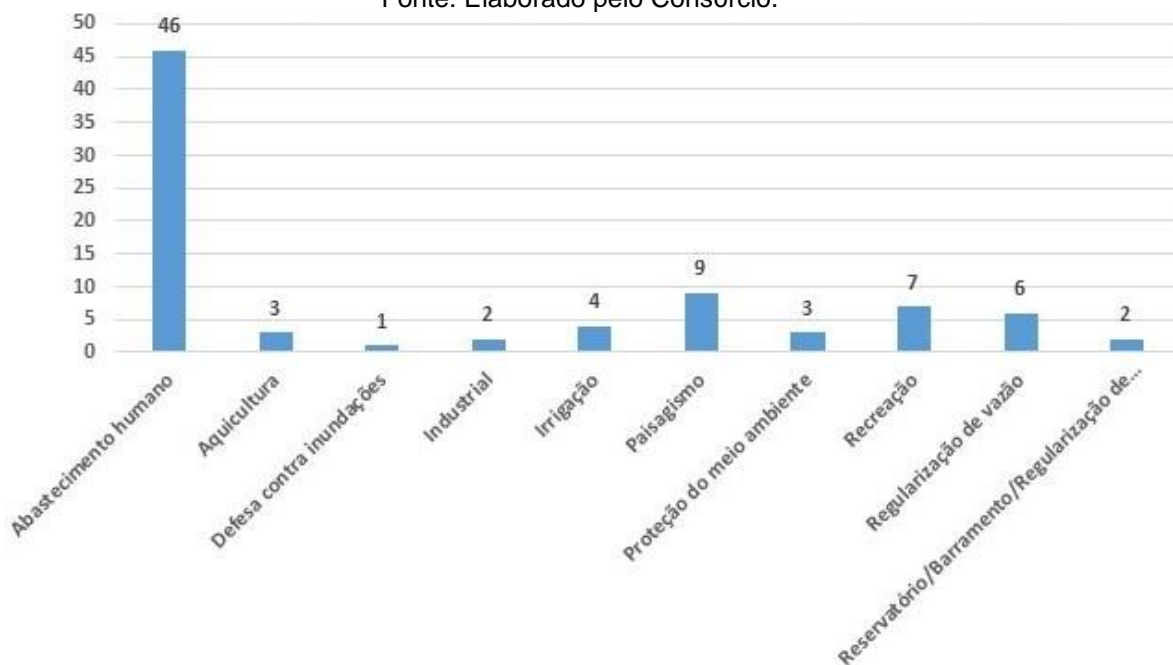


Figura 8.3 – Finalidades de barramentos em geral analisados na bacia.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

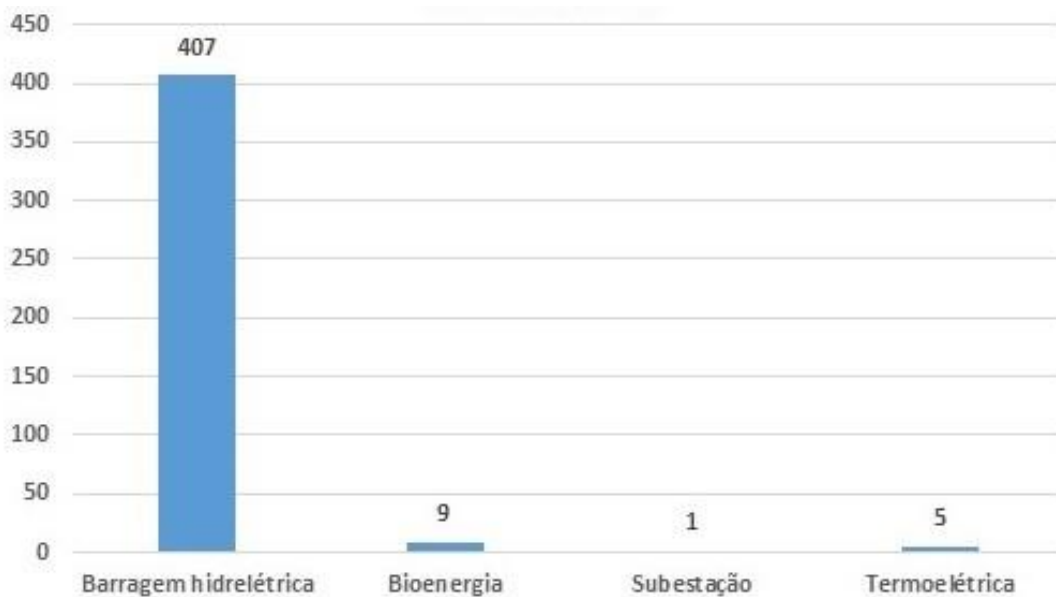


Figura 8.4 – Tipos de empreendimentos relativos à produção de energia.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

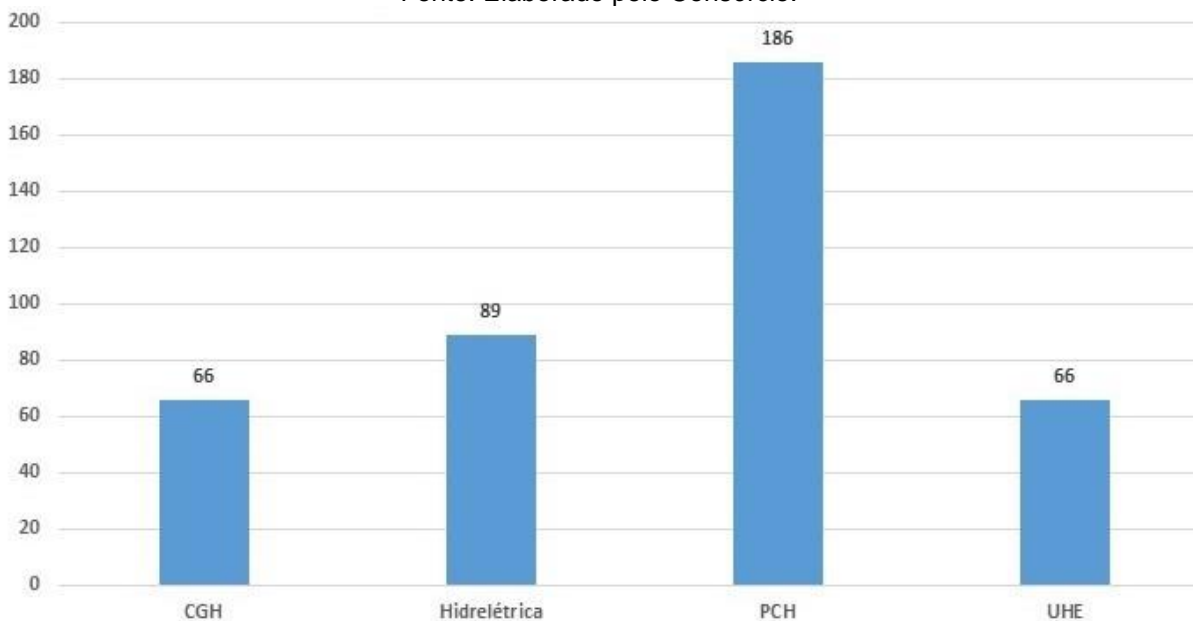


Figura 8.5 – Divisão das barragens de geração de energia hidrelétrica por porte.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

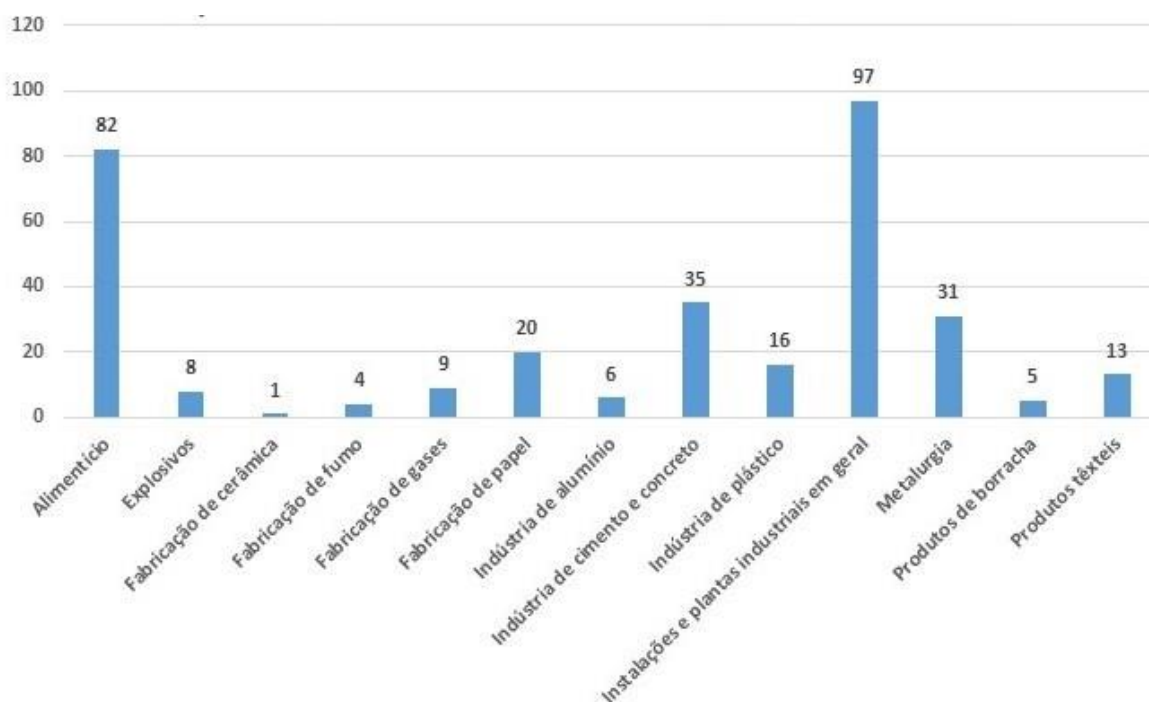


Figura 8.6 – Tipos de indústrias analisadas na área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

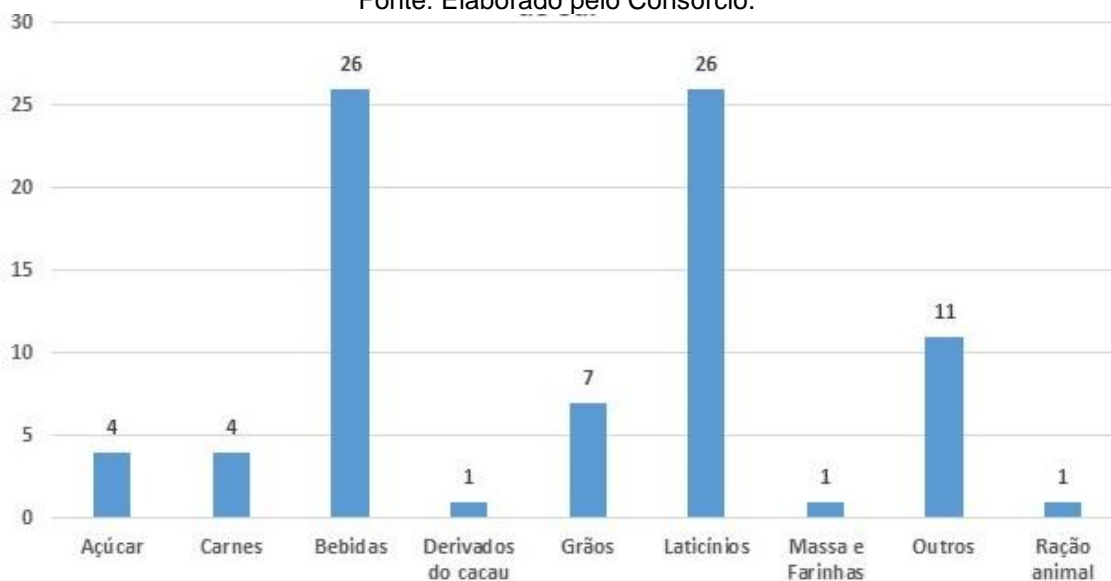


Figura 8.7 – Finalidade das indústrias alimentícias analisadas na área.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

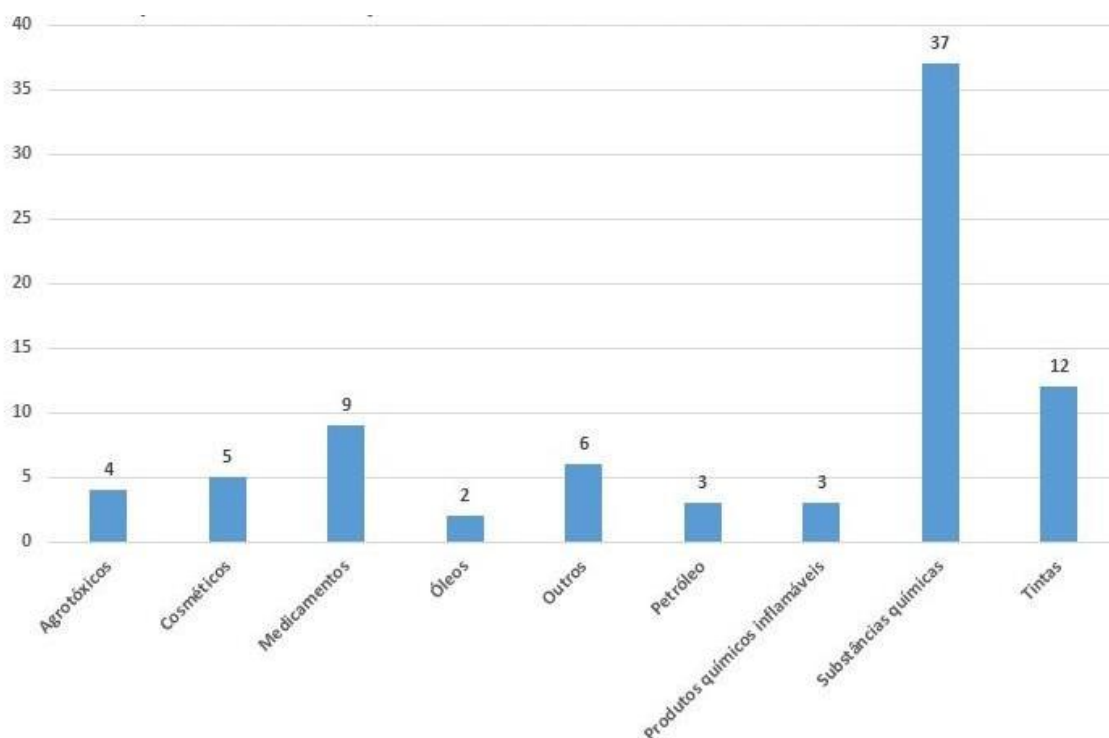


Figura 8.8 – Tipos de indústrias químicas analisadas na área.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

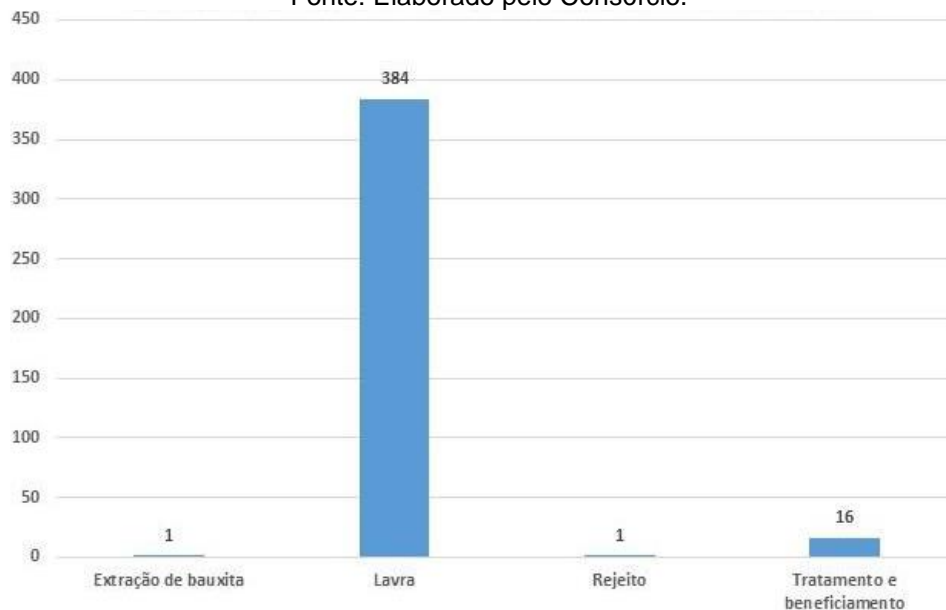


Figura 8.9 – Tipos de atividades mineradoras existentes na área.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio

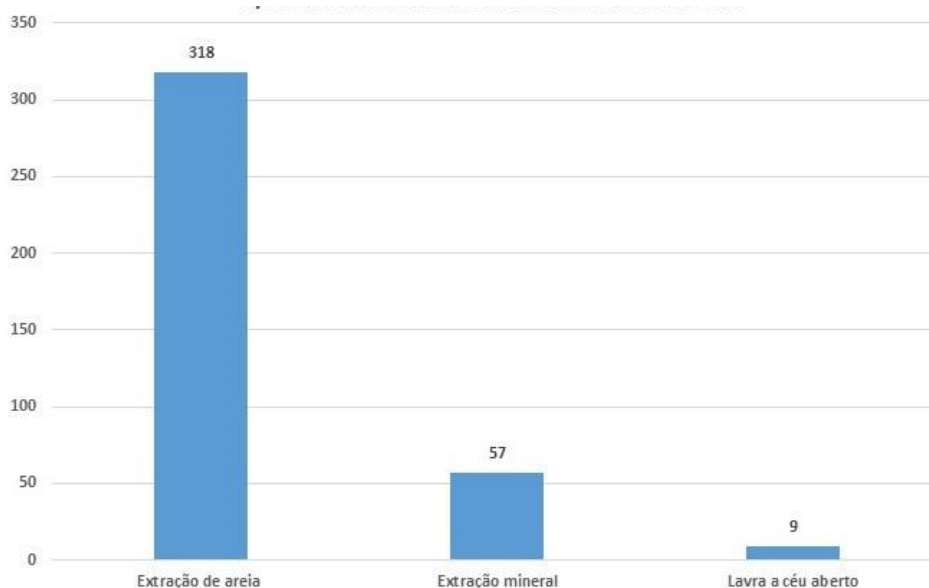


Figura 8.10 – Tipos de lavras existentes na área.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

A partir da análise dos gráficos, percebe-se que o tipo de empreendimento licenciado predominante na bacia é a de produção de energia elétrica, na qual predomina empreendimentos de porte PCH (Pequena Central Hidrelétrica). Destaca-se ainda a quantidade de barragens construídas na área de estudo, sendo divididas na análise entre “Barragens de Resíduos/Rejeitos”, “Barramentos em Geral” e “Barragens Hidrelétricas” na Categoria de Produção de energia. Somando as três categorias supracitadas, chega-se a um total de 840 barragens, as quais serão mais detalhadas no Capítulo 9 deste produto.

Já na categoria de mineração, alguns dados não apresentavam detalhes do modo de extração de areia, ou seja, com ou sem cava. Dessa forma, considerou-se todos com finalidade “extração de areia” e para o risco presumiu-se uma situação considerando a presença de cava, por ter um risco mais alto.

Na categoria de indústrias, predominou a subdivisão de “Instalações e plantas industriais em geral”, a qual, na grande maioria das vezes, refere-se a empreendimentos de fabricação de peças automotivas ou montadoras. Os principais riscos desse tipo de empreendimento são os incêndios de grande porte aliados ao fato de que muitos deles se encontram à beira da Rodovia Presidente Dutra (BR-116), estando muito próximos ao curso principal da bacia. Em seguida tem-se a atividade de produção de alimentos, na qual predominam empreendimentos

de fabricação de laticínios, os quais podem contaminar os corpos hídricos por meio de vazamento de soda cáustica utilizada em seus processos; e a fabricação de bebidas em geral.

Os dados descritos acima foram utilizados para as análises de probabilidade que serão explanadas a seguir. Contudo, destaca-se agora a existência de outros dados importantes ao projeto que ainda não puderam ser considerados para o Produto 03 e entrarão nas análises do próximo produto. Como exposto no Produto 02, os estados de Minas Gerais e São Paulo possuem bases georreferenciadas atualizadas de outorgas que não são vinculadas aos registros da ANA. No entanto, o mesmo não acontece para o Estado do Rio de Janeiro, o qual possui uma base digital com menor detalhamento e outros dados em forma de registro físico. Pretendia-se fazer uso de tais dados neste relatório para complementação do cadastro de empreendimentos e análise de usuários, mas, caso fossem utilizados no momento, o Estado do Rio de Janeiro ficaria ainda mais desfalcado, prejudicando a análise de probabilidade com *outliers*.

Por isso, os dados de São Paulo e Minas Gerais foram tratados da mesma forma que os do Quadro 8.2, mas serão refinados e incluídos nas análises apenas nos próximos produtos.

A título de demonstração, serão apresentados a seguir os referidos dados. Os gráficos apresentados na Figura 8.11 e na Figura 8.12 mostram a distribuição de outorgas para São Paulo e Minas Gerais, divididas entre captação e lançamento e barragens, respectivamente. Nota-se que há um número expressivo de outorgas para abastecimento humano no CHB dos rios Pomba e Muriaé e um aumento expressivo no número de outorgas para indústrias no CBH do Paraíba do Sul. Ademais, o gráfico de barragens demonstra que grande parte dos barramentos para usos múltiplos se encontra na base de outorgas do IGAM, onde pode-se destacar o aumento, em relação às outras bases, da incidência das categorias de Paisagismo, Recreação e Regularização de Vazão.

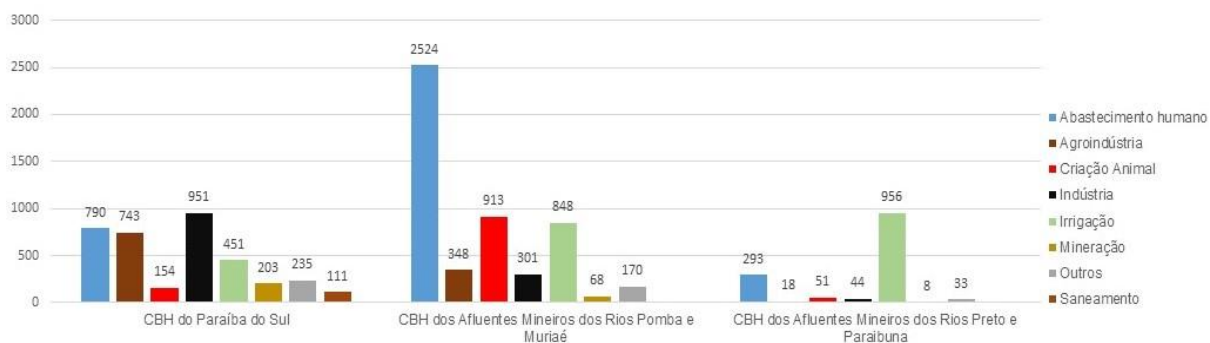


Figura 8.11 – Número de outorgas presentes nos Estados de Minas Gerais e São Paulo que não entraram na análise de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

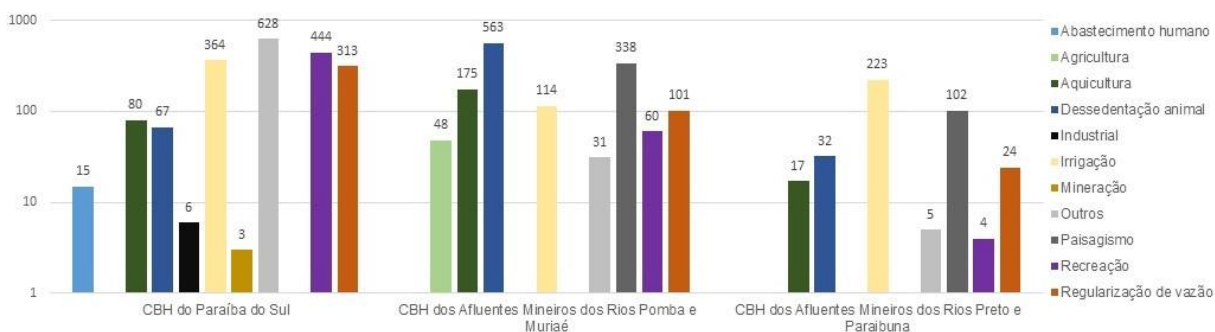


Figura 8.12 – Número de barragens presentes nos Estados de Minas Gerais e São Paulo que não entraram na análise de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

8.1.1 Análise binária de ocorrência por COBRADE

Os empreendimentos listados para análise de probabilidade foram classificados quanto ao seu Risco Ativo, ou seja, tendo em vista a classificação COBRADE e a possibilidade de gerar algum tipo de acidente tecnológico. Para isso, cada categoria listada no Quadro 8.2 foi analisada em relação ao possível tipo de desastre, marcando “sim” para possibilidade de ocorrência e “não” para desastres sem possibilidade de ocorrência. Ressalta-se que um empreendimento pode ter possibilidade de gerar mais de um risco tecnológico. Para aquelas Categorias com subdivisões de Atividade e Finalidade, a exemplo de “indústria”, utilizou-se os 2º e 3º nível, quando disponíveis, para definição das possibilidades de acidentes.

Tal discriminação e detalhamento é necessária para análise do tipo de perigo que o empreendimento gera aos recursos hídricos e também para o cálculo de probabilidade de ocorrência de um acidente, que será tratada mais à frente deste produto. Cada empreendimento é um tipo de emissor de risco, conforme sua Categoria, Atividade e

Finalidade, as quais servem para descrever o tipo de produto produzido e/ou estocado no local e estruturas necessárias na planta fabril, como silos e tanques de contenção, cavas de areia, etc; os quais são primordiais para estimar o risco, probabilidade e raio de alcance em caso de acidente.

Nos gráficos que seguem (Figura 8.13 a Figura 8.15) pode-se observar que, com exceção da COBRADE 2.4.2.0.0, que tem dependência direta com existência de barragens nos empreendimentos, as categorias Mineração e Indústria apresentam maior perigo aos cursos de água da bacia do rio Paraíba do Sul, tendo como base a possibilidade de contaminação por meio de liberação de produtos perigosos, tóxicos ou potencialmente poluentes, a partir de falha mecânica, falha humana ou fadiga de sistemas de contenção (*i.e.* tanques), assim como pela possibilidade de incêndios de grande porte, carregando subprodutos da queima ou LGE ao rio mais próximo.

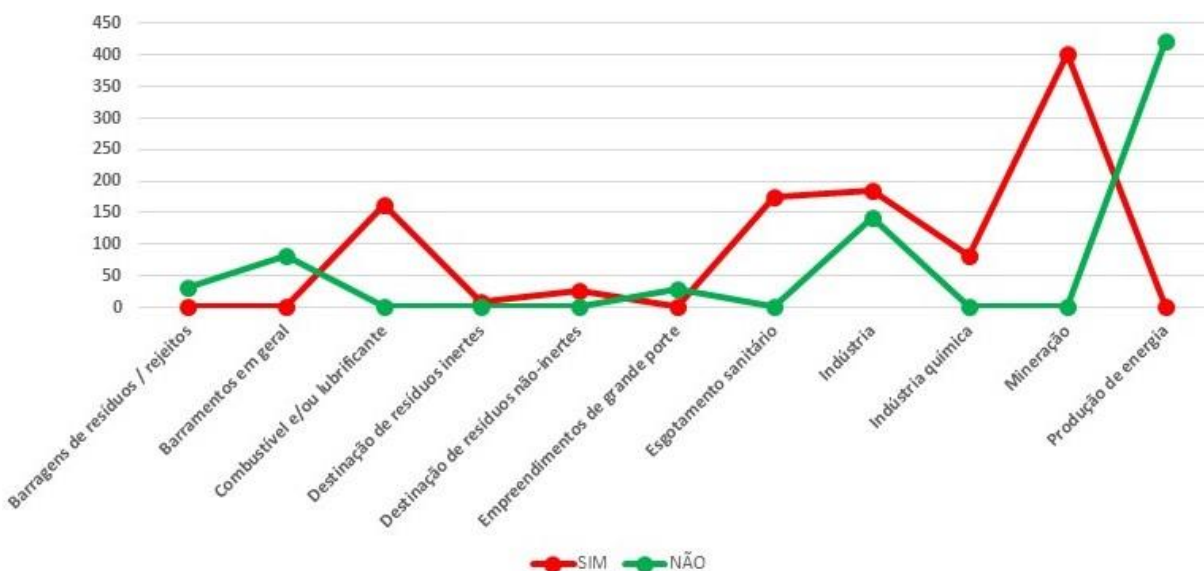


Figura 8.13 – Empreendimentos com risco ativo de derramamento de produtos químicos diversos em corpos hídricos (classificação 2.2.2.2.0).

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

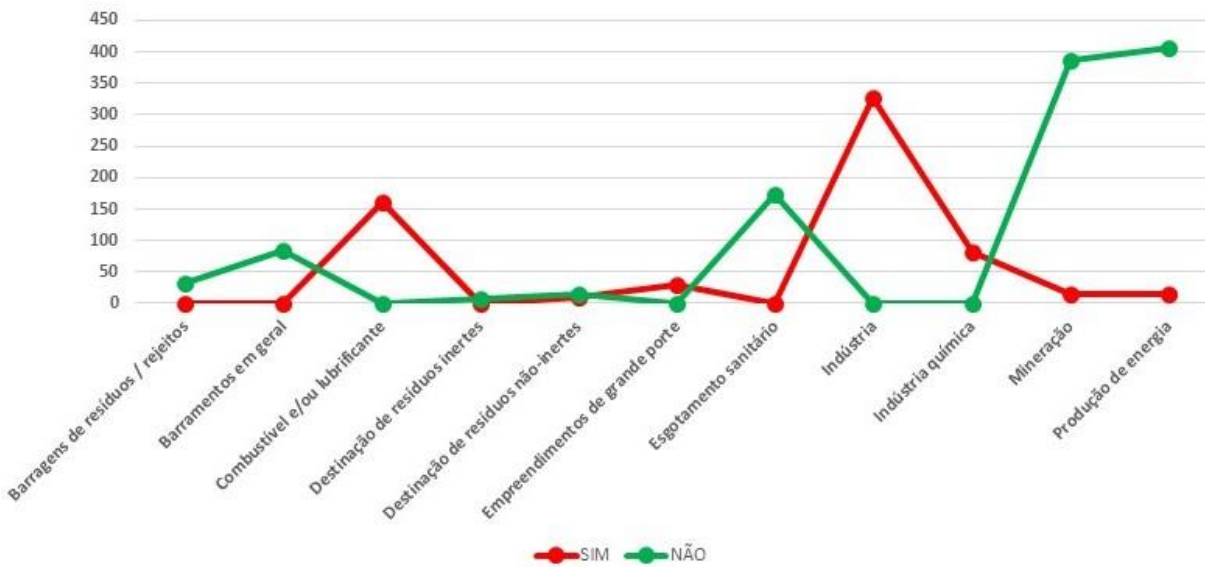


Figura 8.14 – Empreendimentos com risco ativo de propagação descontrolada do fogo (classificação 2.3.1.1.0).

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

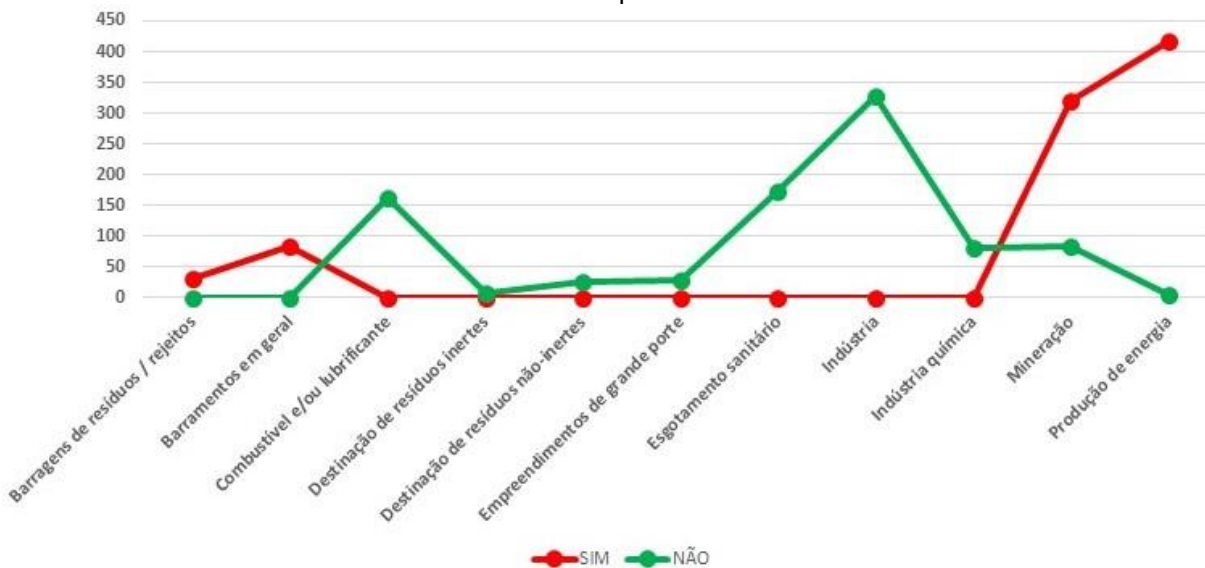


Figura 8.15 – Empreendimentos com risco ativo de rompimento ou colapso de barragens (classificação 2.4.2.0.0).

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Como pode ser observado, são diversas as maneiras com que os empreendimentos podem contaminar os corpos hídricos. Dessa forma, o objetivo dessa etapa foi espacializar as possibilidades de acidentes definidos por COBRADE, os quais serão correlacionadas com probabilidades quantitativas, descritas mais à frente, e conjugadas às otobacias nível 7. Assim, tal análise possibilita estimar as consequências negativas na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, causadas por acidentes que afetem a qualidade e a disponibilidade de água

para o abastecimento público, bem como o abastecimento energético, que será detalhado no tópico que segue.

8.1.2 Trechos de curso d'água com elementos em exposição

Os dados de captação de água foram obtidos por meio da base de outorgas de águas de domínio da União emitidas pela ANA (2021), e pela base de outorgas estaduais emitidas pela ANA (2017). A primeira base citada possui diferenciação de outorgas de captação e de lançamento, possibilitando a exclusão certa de pontos outorgados que não são foco da presente análise. Por outro lado, os dados de outorgas de águas de domínio dos estados são apresentados classificados desta forma e, com isso, excluiu-se, a partir de sua finalidade, os empreendimentos que pôde-se ter certeza de que eram lançamento. A finalidade "Indústria" não pôde fazer distinção do que era captação e o que era lançamento considerando, então, todos os seus pontos outorgados.

As categorias representadas nas figuras abaixo (Figura 8.16 à Figura 8.18) foram resultado de um agrupamento das finalidades originais. Para a base de outorgas da União, utilizou-se a coluna "Finalidade", para as estaduais utilizou-se "F_Ampliada" e após a junção de ambas, agrupou-se as finalidades em grandes grupos descritos abaixo para a coluna "Agru_Regea" no *shapefile* "pontos_captção_ANA_estaduais_federais_CBH_5".

Com a espacialização e quantificação por CBH, é possível, nessa etapa, inferir de forma preliminar sobre os riscos de prejuízos ao abastecimento relacionados ao comprometimento da qualidade da água. Ressalta-se que esses pontos serão associados mais à frente no estudo à probabilidade de ocorrência de eventos críticos associados.

Nota-se que as captções de água são majoritariamente para Abastecimento Público e Indústria, concentrando-se no CBH do Paraíba do Sul (Figura 8.16 à Figura 8.18):

- Total de captções outorgadas na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul = 3165;
- CBH do Paraíba do Sul = 1338 captções outorgadas (42,27%);
- CBH dos Afluentes Mineiros dos rios Pomba e Muriaé = 537 captções outorgadas (16,96%);
- CBH do Baixo Paraíba do Sul = 388 captções outorgadas (12,25%);
- CBH do Médio Paraíba do Sul = 376 captções outorgadas (11,87%);

- CBH dos Afluentes Mineiros dos rios Preto e Paraibuna = 207 captações outorgadas (6,54%);
- CBH do rio Piabanha = 170 captações outorgadas (5,37%);
- CBH do rio Dois Rios = 96 captações outorgadas (3,03%);
- UP da Sub-bacia do rio Piraí = 53 captações outorgadas (1,67%).

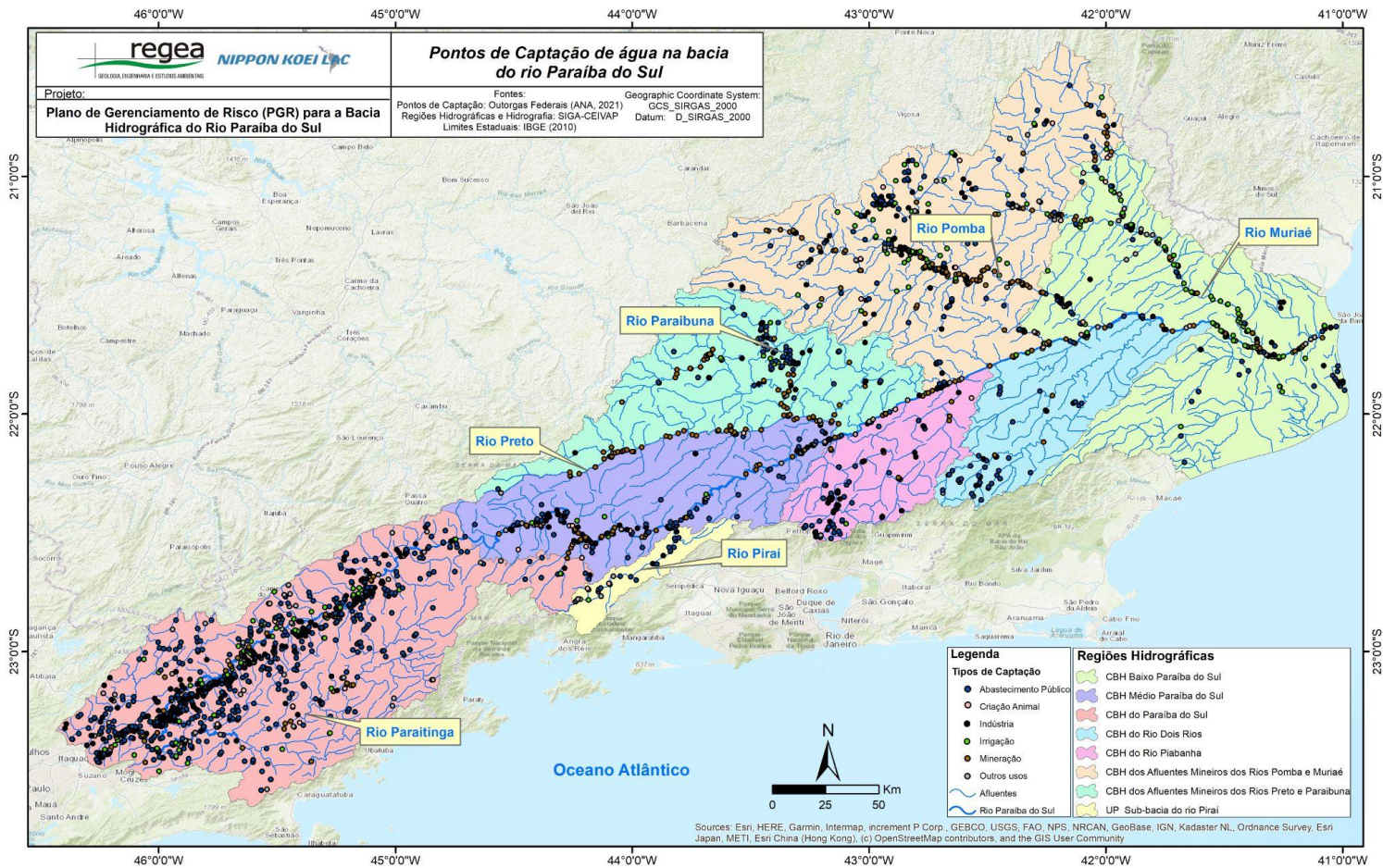


Figura 8.16 – Localização dos pontos de captação outorgados na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

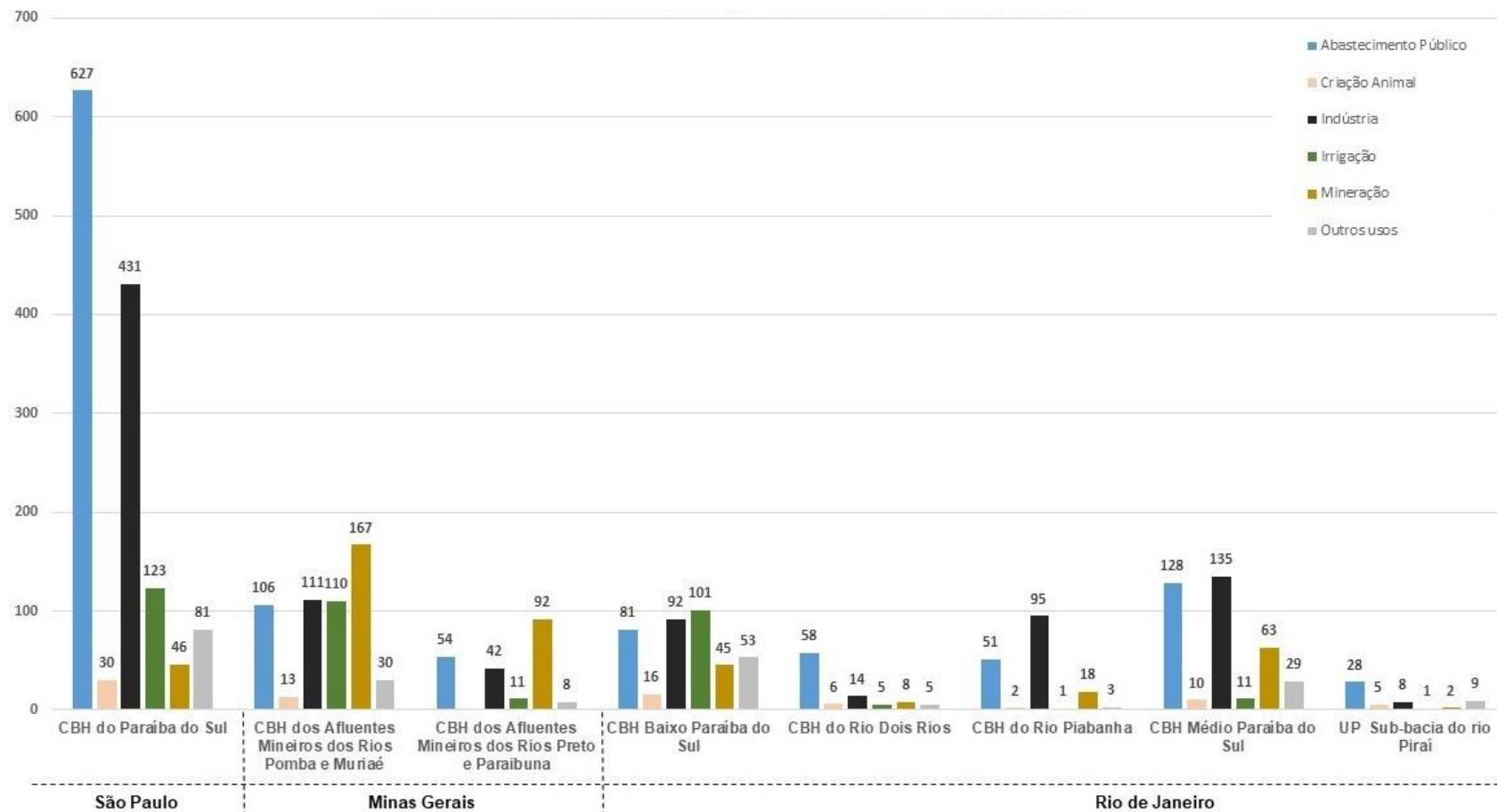


Figura 8.17 – Captações outorgadas por CBH na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio

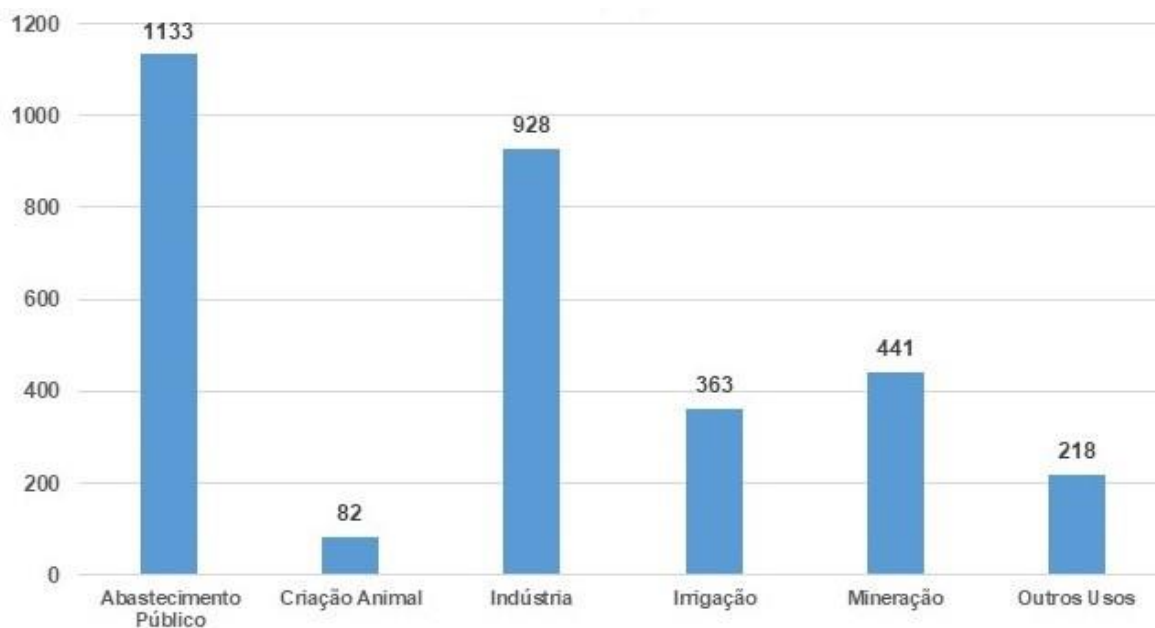


Figura 8.18 – Finalidades de captações outorgadas na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

O trecho Paulista é formado apenas por uma região hidrográfica, CBH Paraíba do Sul, a qual possui 34,1% da população total residente na bacia (PROFILL, 2020) e é caracterizada como usuário de montante. Tal trecho possui grande dependência de captação para Abastecimento Público (46,8% das outorgas do CBH) e representa a maior concentração desta finalidade em toda a bacia (55,33% de todas as outorgas de abastecimento). Em seguida, destaca-se o número de pontos de captação para Indústrias, o qual é reflexo de polos industriais no Vale do Paraíba instalados, principalmente, paralelos ao curso principal. Nesse CBH a finalidade que possui menor número de pontos é para dessedentação de animais.

O trecho Mineiro localiza-se em áreas de cabeceira e também terço médio da bacia, possui 23,2% da população total residente na área (PROFILL, 2020) e é composto por duas regiões hidrográficas, sendo o CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna e o CBH dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé (COMPÉ). O uso principal de suas outorgas de captação é para Mineração (34,8%), seguido por Abastecimento Público (21,5%). E a finalidade com menor número de pontos de captação é a de Criação de Animais.

Por fim, o trecho Fluminense é composto por 5 regiões hidrográficas, sendo CBH Médio Paraíba do Sul, CBH do Baixo Paraíba do Sul, CBH do rio Dois Rios, CBH do rio Piabanha e

UP Sub-Bacia do rio Piraí, representando 34,21% do total de outorgas e 42,7% da população residente na bacia (PROFILL, 2020).

O CBH do rio Dois Rios e UP Sub-bacia do rio Piraí são as regiões que possuem maior número de pontos de captação para Abastecimento Público. Já as regiões hidrográficas restantes possuem maior quantidade de pontos de captação voltados ao setor econômico, ou seja, Indústria, Irrigação (ligado à agricultura) e Mineração. No CBH Médio Paraíba do Sul há um maior número de outorgas de captação para atendimento aos pólos industriais na região de Volta Redonda e Resende. Com isso, infere-se que, a depender da magnitude de um desastre de contaminação de corpos hídricos nessa região, há possibilidade também de prejuízos econômicos importantes a partir da interrupção do abastecimento, considerando a possibilidade de paralisação de produção em tais empreendimentos.

Há de se ressaltar ainda que o rio Paraíba do Sul é responsável pelo abastecimento de água de 80% da população de todo o Estado (INEA, 2012), ou seja, além deste ser o mais vulnerável da bacia, por estar localizado a jusante, recebendo toda carga poluidora dos terços superior e médio, também possui alta dependência do curso principal para seu abastecimento.

Soma-se aos fatos supracitados que a maior carga poluidora do rio Paraíba do Sul não é advinda de indústrias, mas sim de esgoto doméstico e resíduos sólidos gerados pelas cidades situadas ao longo de seu curso principal (SMIDERLE, 2014). O CBH Baixo Paraíba do Sul é a região que recebe toda essa carga, a qual acarreta em proliferação de cianobactérias e produção de compostos tóxicos. A consequência disso é o desabastecimento da população, como ocorreu em Campos dos Goytacazes em outubro de 2002 (SMIDERLE, op. cit.).

Em suma, o Estado de São Paulo possui alta concentração de pontos de captação no curso principal da bacia, tendo estreita relação com o desenvolvimento urbano do Vale do Paraíba, principalmente na região de São José dos Campos. Por ser usuário de montante, a probabilidade de interrupção no abastecimento causado por contaminação de corpos hídricos relaciona-se com elementos intrínsecos ao CBH, não tendo reflexo de ocorrências externas. Já Minas Gerais apresenta uma maior concentração de captação em afluentes importantes, como Pomba, Muriaé e Paraibuna, tendo destaque para captação em Mineração, sendo a atividade econômica principal do Estado. Finalmente, o Estado do Rio de Janeiro apresenta um cenário mais delicado, por se tratar do usuário de jusante. Este, assim como São Paulo, tem sua concentração de captação ligada ao curso principal da bacia, mas tem sua vazão reduzida por significativos desvios à montante e qualidade da água alterada por

contaminação, demandando atividades mais custosas para tratamento e uso da água captada.

Reforça-se que a vulnerabilidade desses pontos de captação será tratada nos próximos produtos deste projeto, nos quais serão analisados os impactos referentes a desastres.

8.2 Derramamento de produtos químicos em recursos hídricos (COBRADE 2.2.2.2.0)

O vazamento e o derramamento de produtos químicos perigosos junto a corpos hídricos podem apresentar grande potencial de contaminação dos recursos hídricos da bacia. Conforme a definição aplicada pela COBRADE, este tipo de evento compreende o “derramamento de produtos químicos diversos em lagos, rios, mar e reservatórios subterrâneos de água, que pode causar alterações nas qualidades físicas, químicas e biológicas”, e a ele foi atribuída a codificação 2.2.2.2.0.

O lançamento desses produtos oferece risco de contaminação direta e imediata dos recursos hídricos e, conseqüentemente, o comprometimento da qualidade e da segurança das captações a jusante do ponto de contaminação, bem como oferecer prejuízo à vida animal, vegetal e demais seres vivos que se utilizam direta ou indiretamente do corpo hídrico contaminado.

Ocorrências de contaminação desse tipo podem estar relacionadas a diferentes atividades industriais e a diferentes componentes poluentes, tais como esgoto, combustíveis, insumos agrícolas ou industriais, entre outros.

8.2.1 Base de dados coletados para COBRADE 2.2.2.2.0

Durante a construção da base de dados foram coletadas informações a partir de diferentes fontes com registro de ocorrências deste tipo, entre eles dados internacionais do sistema europeu “eMARS” (*Major Accident Reporting System*), dados nacionais do S2ID (Sistema Integrado de Informações sobre Desastres). Essas informações foram utilizadas como panorama geral e base de comparação para os dados coletados referentes a ocorrências identificadas dentro da bacia. Para tanto, foram coletados os dados da CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo e da FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais, foram buscados dados de ocorrências desse tipo junto aos órgãos ambientais do estado do Rio de Janeiro, porém sem sucesso na obtenção.

Ao todo, o inventário de eventos (Anexo Digital 01) apresenta o registro de 24 ocorrências deste tipo na bacia entre os anos de 1998 e 2020. Nele destacam-se as ocorrências registradas pela CETESB no período entre 2001 e 2020, pois apresentam uma descrição detalhada dos eventos, dentre os quais em 10 casos houve atingimento direto de corpos hídricos por diferentes produtos químicos, tais como petróleo, combustíveis, insumos químicos diversos e esgoto.

8.2.2 Empreendimentos sujeitos a ocorrências COBRADE 2.2.2.2.0

Diferentes tipos de empreendimentos estão sujeitos a serem potenciais fontes geradoras de vazamentos e lançamentos de produtos danosos à qualidade da água nos corpos hídricos (COBRADE 2.2.2.2.0) identificados ao longo da bacia.

Conforme exposto na Figura 8.1, identificou-se um total de 1.038 empreendimentos com atividades e características que podem gerar eventos deste tipo, detalhados em mapa exposto na Figura 8.19 e no Quadro 8.3.

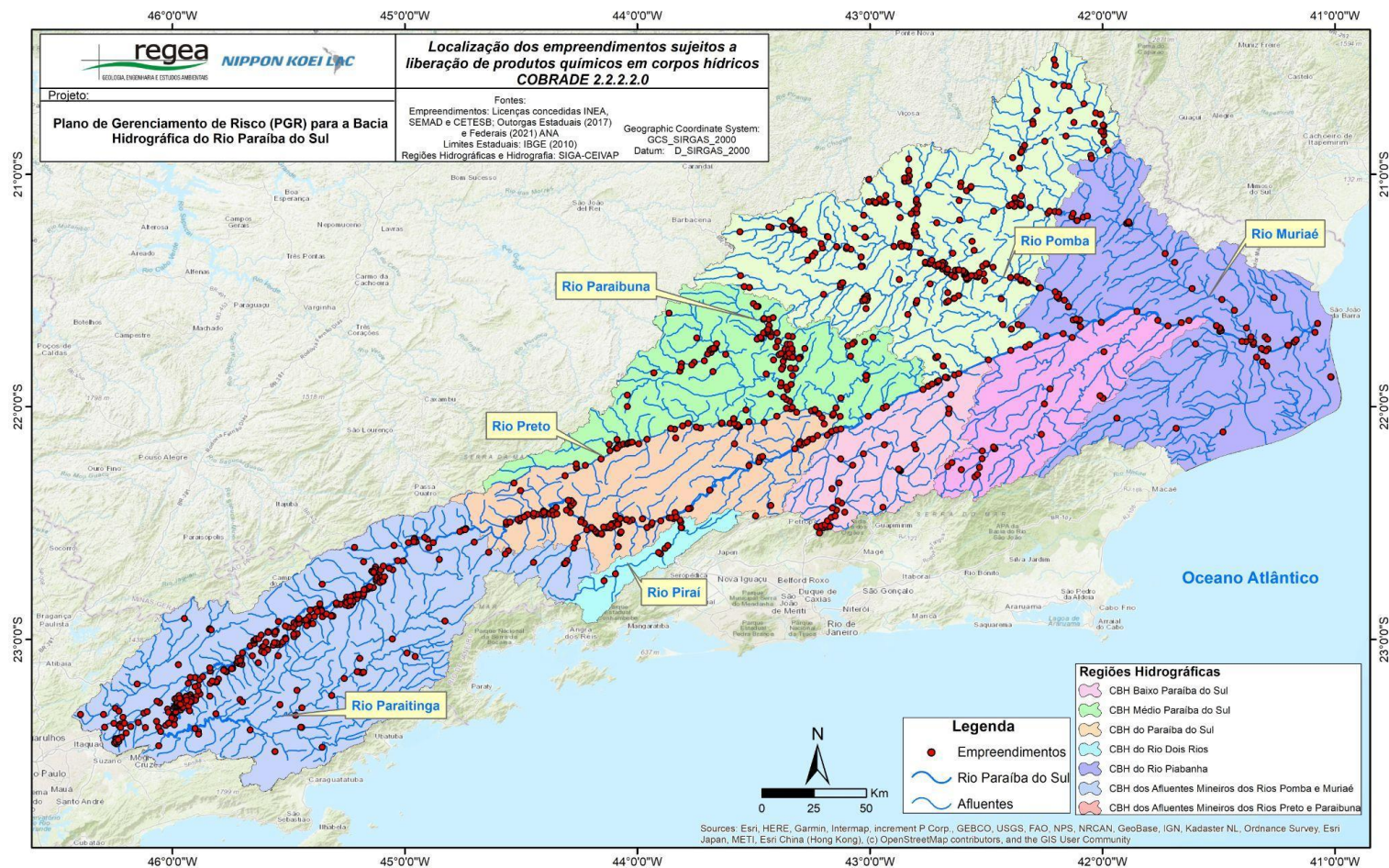


Figura 8.19 – Localização dos empreendimentos associados ao COBRADE 2.2.2.2.0.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

CONSÓRCIO NIPPON/REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303, São Paulo-SP

Quadro 8.3 – Resumo dos Empreendimentos sujeitos à ocorrências de lançamento e vazamento de produtos perigosos em corpos hídricos (COBRADE 2.2.2.2.0)

Categoria dos Empreendimentos	Total de Empreendimentos
Mineração	402
Indústria	184
Esgotamento sanitário	174
Combustível e/ou lubrificante (revendedor e/ou armazenamento)	162
Indústria química	81
Destinação de resíduos não-inertes	27
Destinação de resíduos inertes	8
Total	1.038

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

8.2.3 Probabilidade de contaminação por poluentes químicos – COBRADE 2.2.2.2.0

Conforme exposto no item 8.2.1, foram coletados dados de diferentes fontes para estimar a frequência das ocorrências deste tipo, e conseqüentemente estimar a probabilidade de ocorrências futuras na bacia. A partir dos dados detalhados apresentados pela CETESB foi possível calcular a frequência das ocorrências COBRADE 2.2.2.2.0, para o cálculo foram utilizados os dados coletados pela CETESB para o período de 2001 a 2020, pois esta era a única base fonte de dados a descrever com clareza se as ocorrências de vazamento atingiram corpos hídricos, enquanto as demais bases de dados obtidas para este item se apresentaram incompletas ou insuficientes para esta análise.

O cálculo da probabilidade levou em consideração o número de ocorrências registradas, o período total da análise e o total da população exposta dentro do universo analisado. A partir destes dados foi possível calcular o número de ocorrências esperadas para a bacia para o período de um ano, bem como a probabilidade de ocorrência para cada empreendimento sujeito a este tipo de desastre.

Para eventos com classificação COBRADE 2.2.2.2.0 espera-se o registro de 3,517 ocorrências ao longo de toda a bacia para o período de um ano. Desta maneira, para cada um dos 1.038 empreendimentos destacados sob este risco, espera-se o registro de 0,003388 ocorrências em um período de um ano. O Quadro 8.4 detalha os valores calculados para a probabilidade da ocorrência de eventos com essa classificação COBRADE.

Quadro 8.4 – Probabilidade de ocorrência de desastres como derramamento de produtos químicos em corpos hídricos

Cobrade	2.2.2.2.0
Fonte de Dados	CETESB
Ocorrências Registradas	24
Período analisado (Anos)	20
População analisada	2.311.837
Frequência Anual	1,2
Frequência/Milhão de habitantes	0,519
Probabilidade Anual na Bacia	3,517
Empreendimentos sob risco	1038
Probabilidade Anual por empreendimento	0,003388

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Por meio do uso de ferramentas de SIG – Sistemas de Informações Geográficas, o valor de probabilidade anual foi atribuído a cada empreendimento relacionado ao COBRADE 2.2.2.2.0. Após isso, as ottobacias foram classificadas conforme a quantidade desse tipo de empreendimento, ou seja, em determinada ottobacia que possui 3 empreendimentos deste tipo, o valor 0,003388 foi multiplicado por três, resultando em 0,010164, e assim sucessivamente, apresentando como valor máximo 0,088088. Após a atribuição dos valores por ottobacia, os mesmos foram quebrados por meio do método de quebras naturais, a fim de relacioná-las com as classes de probabilidade (Quadro 8.5).

Quadro 8.5 – Valores atribuídos às classes de probabilidade de ocorrência do COBRADE 2.2.2.2.0

Score Probabilidade	Classes de Probabilidade
0,0	Muito baixa
0,000001 - 0,003388	Baixa
0,003389 - 0,013552	Média
0,013553 - 0,033880	Alta
0,033881 - 0,088088	Muito Alta

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

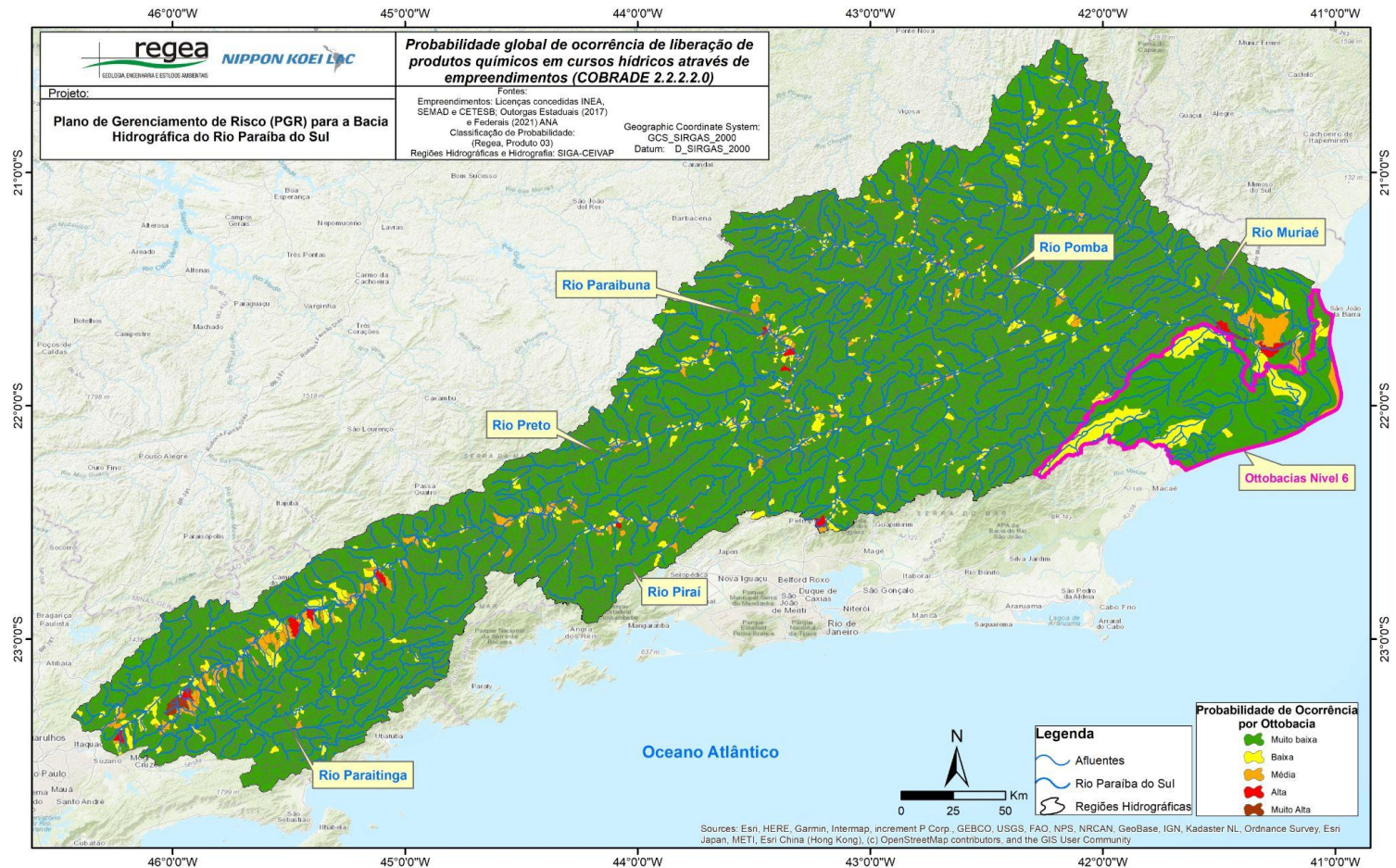


Figura 8.20 – Mapa de probabilidade de ocorrência de derramamento de produtos químicos na bacia do rio Paraíba do Sul.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

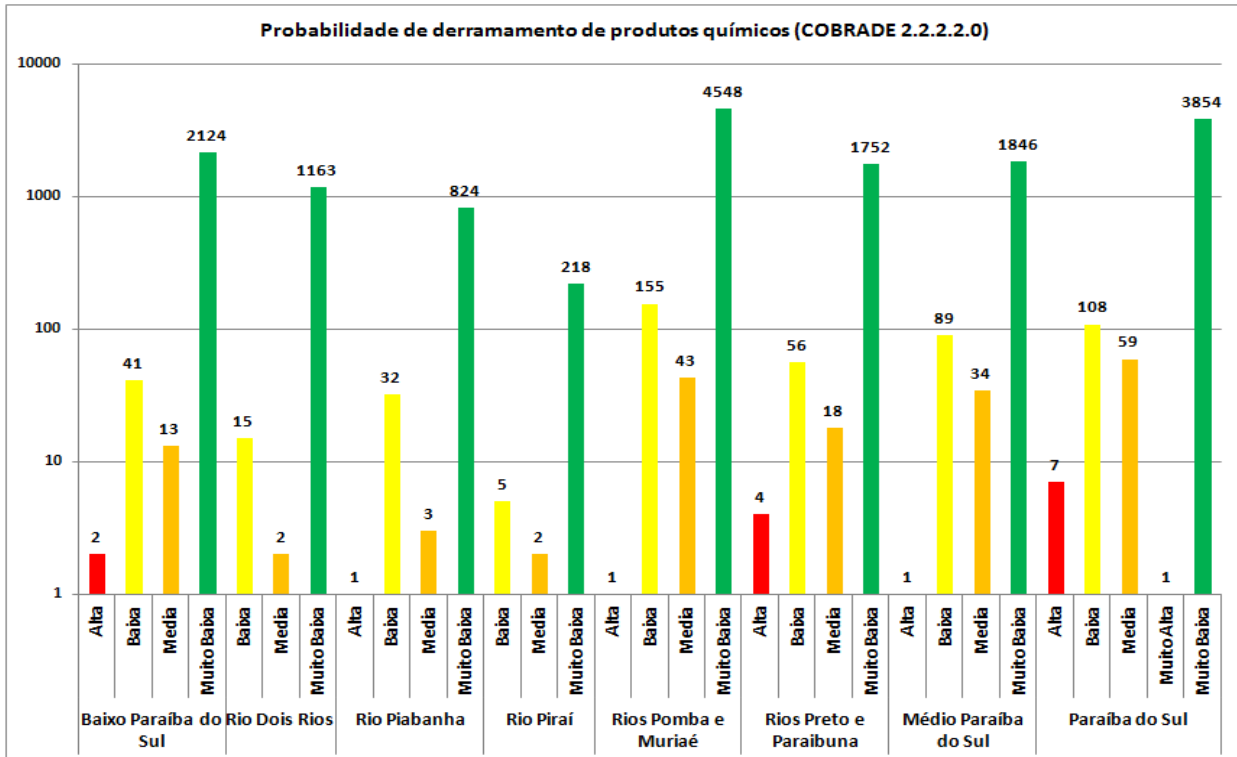


Figura 8.21 – Gráfico de probabilidade de ocorrência de derramamento de produtos químicos na bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Primeiramente, é necessário fazer uma ressalva quanto às probabilidades atribuídas ao CBH do Baixo Paraíba do Sul. Esta região não é abrangida por ottobacias nível 7 (escala de análise escolhida para toda a bacia devido ao nível de detalhamento) e sim por ottobacias nível 6, que possuem maiores dimensões. Isso reflete em uma primeira impressão visual relacionada a maior abrangência de áreas com probabilidade baixa e média (Figura 8.20), contudo, isso é apenas o resultado da diferença de escala deste setor para os outros. Ademais, tal diferença faz com que haja um acumulado maior de empreendimentos em uma região, os quais seriam mais diluídos em ottobacias nível 7, tendo como consequência a elevação das probabilidades. Isso ocorre para todos os dados de probabilidade apresentados neste relatório e por isso a região abrangida apenas pelas ottobacias nível 6 apresenta-se delimitada em roxo nos mapas de probabilidade.

Outro ponto relevante a ser considerado não apenas a esse COBRADE em análise, mas também para os próximos, é que as regiões com probabilidade muito baixa não devem ser

consideradas amplamente seguras, pois pode haver uma ausência de empreendimentos licitados ou mesmo futuras novas instalações que não foram aqui consideradas.

Dito isto, conforme pode-se observar no mapa e gráfico acima (Figura 8.20 e Figura 8.21), a probabilidade de ocorrência de derramamento de produtos químicos em recursos hídricos é elevada principalmente em regiões industriais e em locais de alta concentração populacional. Destaca-se, neste sentido, três CBHs que apresentaram ottobacias com probabilidade alta de ocorrência, sendo: Baixo Paraíba do Sul, Afluentes Mineiros dos rios Preto e Paraibuna e Paraíba do Sul.

Para o CBH do Paraíba do Sul, que abrange toda a porção paulista da bacia, notabiliza-se a região do Vale do Paraíba como área de maior abrangência de probabilidades elevadas, sendo, 59 ottobacias com média probabilidade, sete alta e uma muito alta. Essa área está localizada em alta bacia, fazendo com que tais derramamentos, a depender de seu raio de alcance, possam afetar diversos pontos de captação a jusante, prejudicando um grande número de municípios.

O CBH dos afluentes mineiros dos rios Preto e Paraibuna possui 18 ottobacias com probabilidade média e 4 com probabilidade alta. Nesta região há a aglomeração urbana de Juiz de Fora, com importantes indústrias, o que reflete no aumento de suas probabilidades.

Por fim, o CBH do Baixo Paraíba do Sul apresenta 13 ottobacias com probabilidade média e 2 com probabilidade alta. Nesta se sobressai a cidade de Campos dos Goytacazes, que possui o maior desenvolvimento da região, tendo, conseqüentemente, um maior número de indústrias. Já as outras regiões hidrográficas apresentam-se com elevado número de ottobacias com probabilidade muito baixa e baixa.

8.3 Derramamento de produtos químicos transportados por Rodovias em recursos hídricos (COBRADE 2.2.4.1.0)

A ocorrência de acidentes rodoviários pode proporcionar o vazamento e o derramamento de produtos químicos perigosos junto a corpos hídricos, apresentando grande potencial de contaminação dos recursos hídricos da bacia. Conforme definição aplicada pela COBRADE, este tipo de evento compreende o “extravasamento de produtos perigosos transportados no modal rodoviário”, e a ele foi atribuída a codificação 2.2.4.1.0.

O extravasamento destes materiais oferece risco de contaminação direta e imediata dos recursos hídricos e conseqüentemente o comprometimento da qualidade e da segurança de sua captação a jusante do ponto de contaminação, bem como oferecer prejuízo à vida animal, vegetal e demais seres vivos que se utilizam direta ou indiretamente do corpo hídrico contaminado.

Ocorrências de contaminação deste tipo podem estar relacionadas ao transporte de diferentes produtos potencialmente poluentes, tais como combustíveis, insumos agrícolas ou industriais, entre outros. As causas dos acidentes são diversas, sendo possíveis falhas humanas ou mecânicas, podendo ainda ocasionar em ferimentos ou morte dos profissionais envolvidos nos acidentes rodoviários.

8.3.1 Base de dados coletados para COBRADE 2.2.4.1.0

Durante a construção da base de dados foram coletadas informações a partir de diferentes fontes com registro de ocorrências deste tipo, entre eles dados internacionais do sistema europeu “eMARS” (*Major Accident Reporting System*), dados nacionais do S2ID (Sistema Integrado de Informações sobre Desastres), estes foram utilizados como panorama geral e base de comparação para os dados coletados referentes a ocorrências identificadas dentro da bacia. Para tanto, foram coletados os dados da CETESB e da FEAM e, além disso, foram buscados dados de ocorrências deste tipo junto aos órgãos ambientais do estado do Rio de Janeiro, porém sem sucesso na obtenção.

Ao todo, o inventário de eventos (Anexo Digital 01) apresenta o registro de 403 ocorrências deste tipo na bacia entre os anos de 1987 e 2021 (Figura 8.22). Nele, destacam-se as ocorrências registradas pela CETESB no período entre 2001 e 2020, pois estas apresentam uma descrição detalhada dos eventos, dentre os quais em 35 casos houve atingimento direto de corpos hídricos por diferentes produtos químicos, tais como petróleo, combustíveis e

insumos químicos diversos, justificando a escolha destes dados como base estatística. Os dados obtidos junto a FEAM não foram incluídos nesta base estatística, uma vez que a partir deles não era possível distinguir se a ocorrência registrada deflagrou contaminação diretamente sobre corpos hídricos, ou se o material vazado foi contido sem que houvesse atingimento de algum corpo hídrico.

Dentre os municípios atingidos destacam-se Cachoeira Paulista, Guararema, Lavrinhas e Queluz com quatro ocorrências cada e, entre as rodovias afetadas, destaca-se a rodovia Presidente Dutra (BR-116), apresentando 20 das 35 ocorrências do tipo a atingirem corpos hídricos. A Figura 8.23 e a Figura 8.24 demonstram a distribuição das ocorrências nos municípios e das rodovias onde ocorreram.

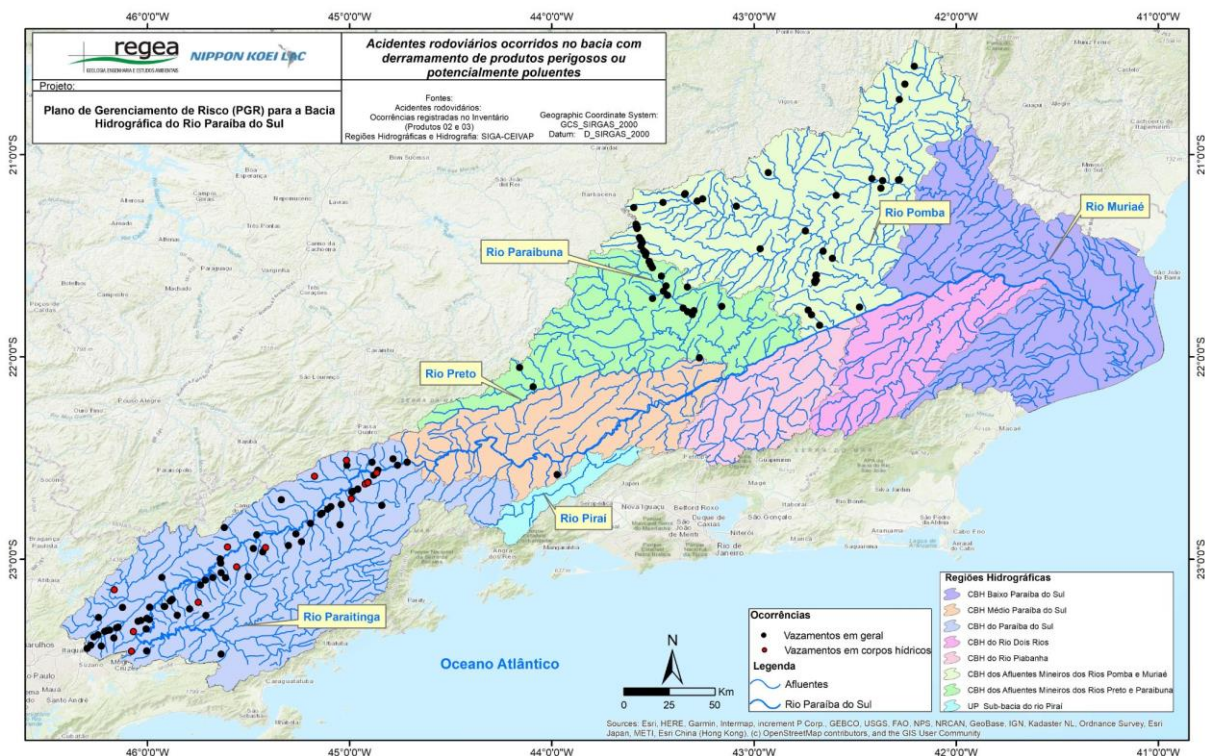


Figura 8.22 – Distribuição das ocorrências do COBRADE 2.2.4.1.0 nos Estados de Minas Gerais e São Paulo.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

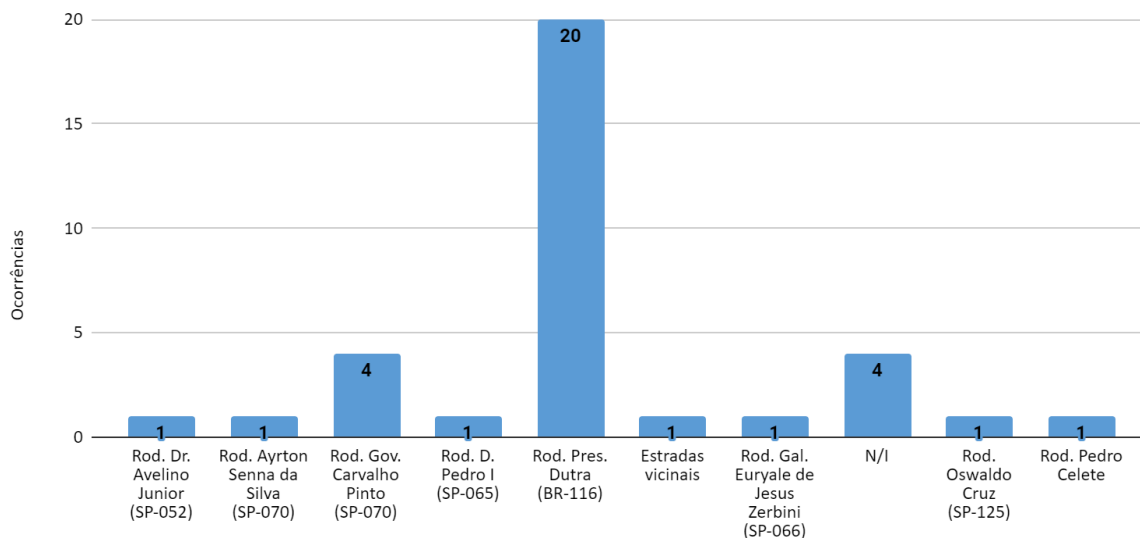


Figura 8.23 – Distribuição das ocorrências do COBRADE 2.2.4.1.0 por rodovias.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

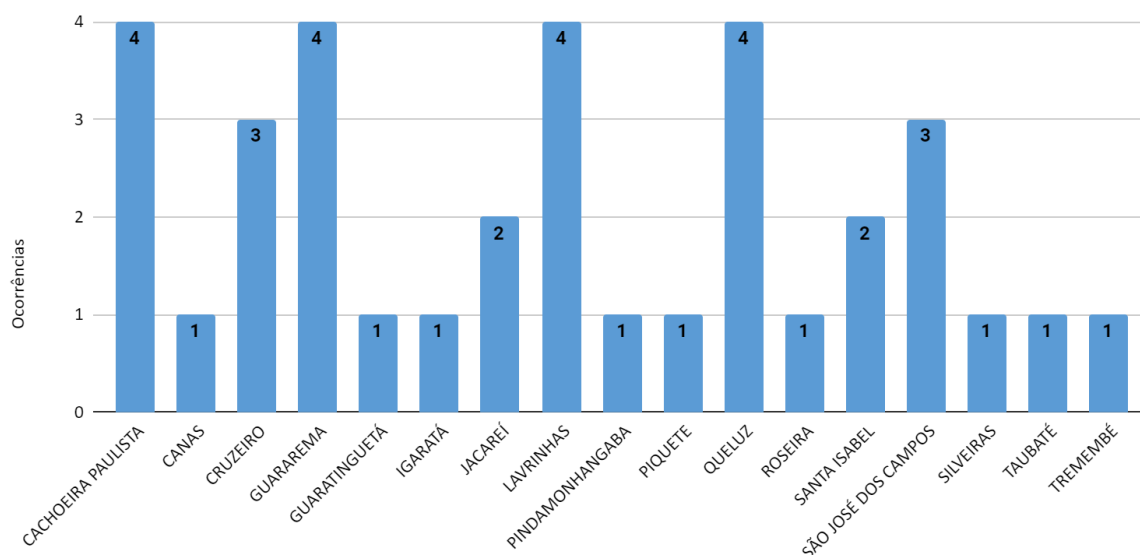


Figura 8.24 – Distribuição das ocorrências do COBRADE 2.2.4.1.0 por municípios.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

8.3.2 Empreendimentos sujeitos a ocorrências COBRADE 2.2.4.1.0

As ocorrências de contaminação de corpos hídricos a partir de acidentes rodoviários pressupõem o encontro espacial desses dois elementos e, assim, foi gerado o mapa apresentado na Figura 8.25, que mostra os 5.143 pontos críticos respectivos de tal cruzamento. Para isso, utilizou-se como base as ottobacias nível 7 e sua hidrografia

correspondente (escala 1:250.000), contudo, a região hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul não é abrangida completamente por essas bases supracitadas e foi necessário utilizar as otobacias nível 6, juntamente com a base hidrográfica multiescalas da ANA que, dentre as opções, se apresentou como a mais detalhada. Na base das rodovias do *Google Street*, utilizou-se os trechos viários descritos como Rodovias, Estradas e Acessos devido ao fato de serem os locais concentradores de fluxo de caminhões. A categoria de Acessos só foi considerada para ligações com rodovias e estradas, desconsiderando o restante. Ressalta-se, ainda, que alguns trechos da base aparecem como “Avenidas” e foram listadas no banco de dados com tal nomenclatura, contudo, foi realizada uma conferência em SIG desses trechos e os que foram mantidos referem-se àqueles pertencentes a estradas ou rodovias, os quais apenas mudaram de nome ao longo de seu trajeto.

Ao avaliar a dinâmica do processo de contaminação nas ocorrências avaliadas no banco de dados, confirma-se a necessidade de proximidade entre o ponto de vazamento de produtos perigosos na rodovia e o corpo hídrico diretamente atingido.

Desta maneira, todos os pontos críticos identificados são potenciais locais para disposição de produtos danosos à qualidade da água nos corpos hídricos em decorrência de possíveis acidentes que possam ocorrer associados ao transporte rodoviário (COBRADE 2.2.4.1.0) ao longo da bacia.

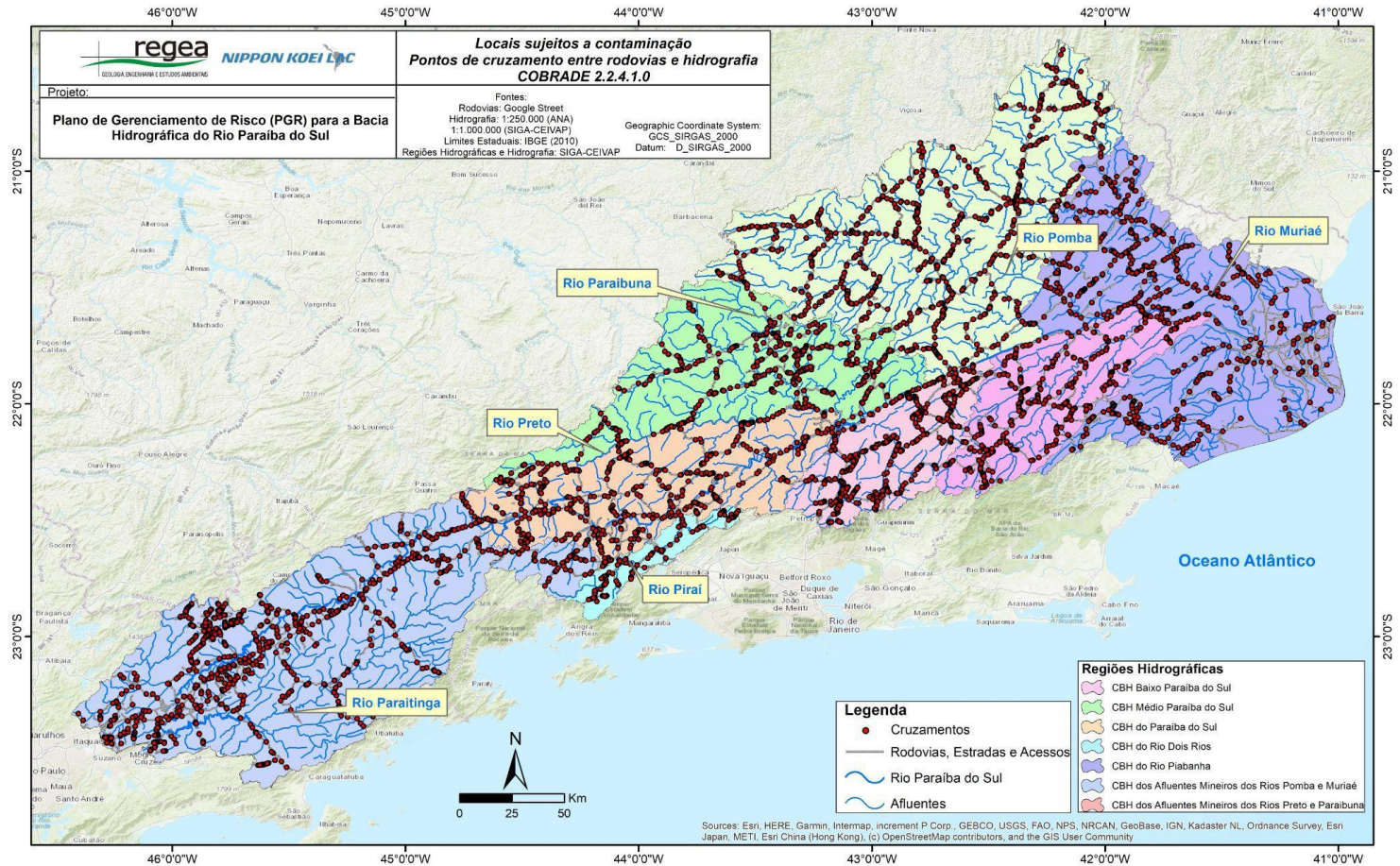


Figura 8.25 – Localização dos pontos críticos associados ao COBRADE 2.2.4.1.0.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

8.3.3 Probabilidade de derramamento de produtos químicos transportados por rodovias em recursos hídricos (COBRADE 2.2.4.1.0)

Conforme exposto no item 8.3.1, foram coletados dados de diferentes fontes para estimar a frequência das ocorrências deste tipo, e conseqüentemente estimar a probabilidade de ocorrências futuras na bacia. A partir dos dados detalhados apresentados pela CETESB foi possível calcular a frequência das ocorrências COBRADE 2.2.4.1.0, para o cálculo foram utilizados os dados coletados pela CETESB para o período de 2001 a 2020, pois esta era a única base fonte de dados a descrever com clareza se as ocorrências de vazamento ocorridos após acidentes rodoviários atingiram corpos hídricos, enquanto as demais bases de dados obtidas para este item apresentaram-se incompletas ou insuficientes para esta análise.

O cálculo da probabilidade levou em consideração o número de ocorrências registradas, o período total da análise e o total da população exposta dentro do universo analisado (nesse caso os dados se referem ao trecho paulista). A partir destes dados foi possível calcular o número de ocorrências esperadas para a bacia para o período de um ano, bem como a probabilidade de ocorrência para cada empreendimento sujeito a este tipo de desastre.

Para eventos com classificação COBRADE 2.2.4.1.0 espera-se o registro de 59,056 ocorrências ao longo de toda a bacia para o período de um ano. Desta maneira, para cada um dos 5.143 pontos críticos destacados sob este risco, espera-se o registro de 0,011483 ocorrências em um período de um ano. O Quadro 8.6 detalha os valores calculados para a probabilidade da ocorrência de eventos com essa classificação COBRADE.

Quadro 8.6 – Probabilidade de ocorrência de desastres do tipo COBRADE 2.2.4.1.0.

Cobrade	2.2.4.1.0
Fonte de Dados	CETESB
Ocorrências Registradas	403
Período analisado (Anos)	20
População analisada (SP)	2.311.837
Frequência Anual	20,15
Frequência/Milhão de habitantes	8,716
Probabilidade Anual na Bacia	59,056
Empreendimentos sob risco	5143
Probabilidade Anual por empreendimento	0,011483

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Em SIG, o valor de probabilidade anual foi atribuído a cada empreendimento relacionado ao COBRADE 2.2.4.1.0. Após isso, as ottobacias foram classificadas conforme a quantidade desse tipo de empreendimento, ou seja, em determinada ottobacia que possui 3 empreendimentos deste tipo, o valor 0,011483 foi multiplicado por três, resultando em 0,034449, e assim sucessivamente, apresentando como valor máximo 0,172245. Após a atribuição dos valores por ottobacia, os mesmos foram quebrados por meio do método de quebras naturais, a fim de relacioná-las com as classes de probabilidade (Quadro 8.7).

Quadro 8.7 – Valores atribuídos às classes de probabilidade de ocorrência do COBRADE 2.2.4.1.0.

Score Probabilidade	Classes de Probabilidade
0,0	Muito baixa
0,000001 - 0,022966	Baixa
0,022967 - 0,068898	Média
0,068899 - 0,172245	Alta
0,172245 - 0,447837000	Muito Alta

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

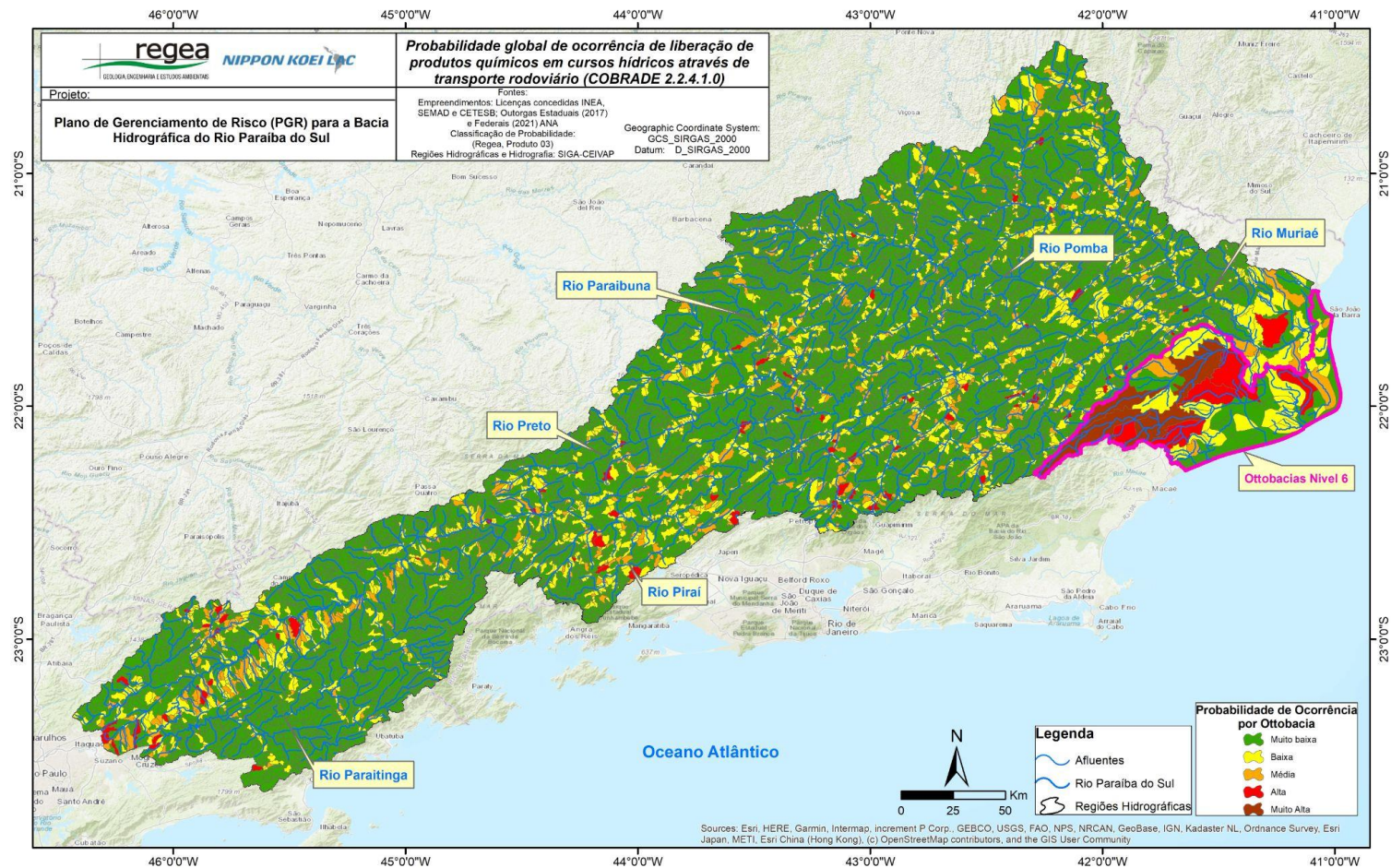


Figura 8.26 – Probabilidade de ocorrência de derramamento de produtos químicos transportados por rodovias na bacia do rio Paraíba do Sul.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

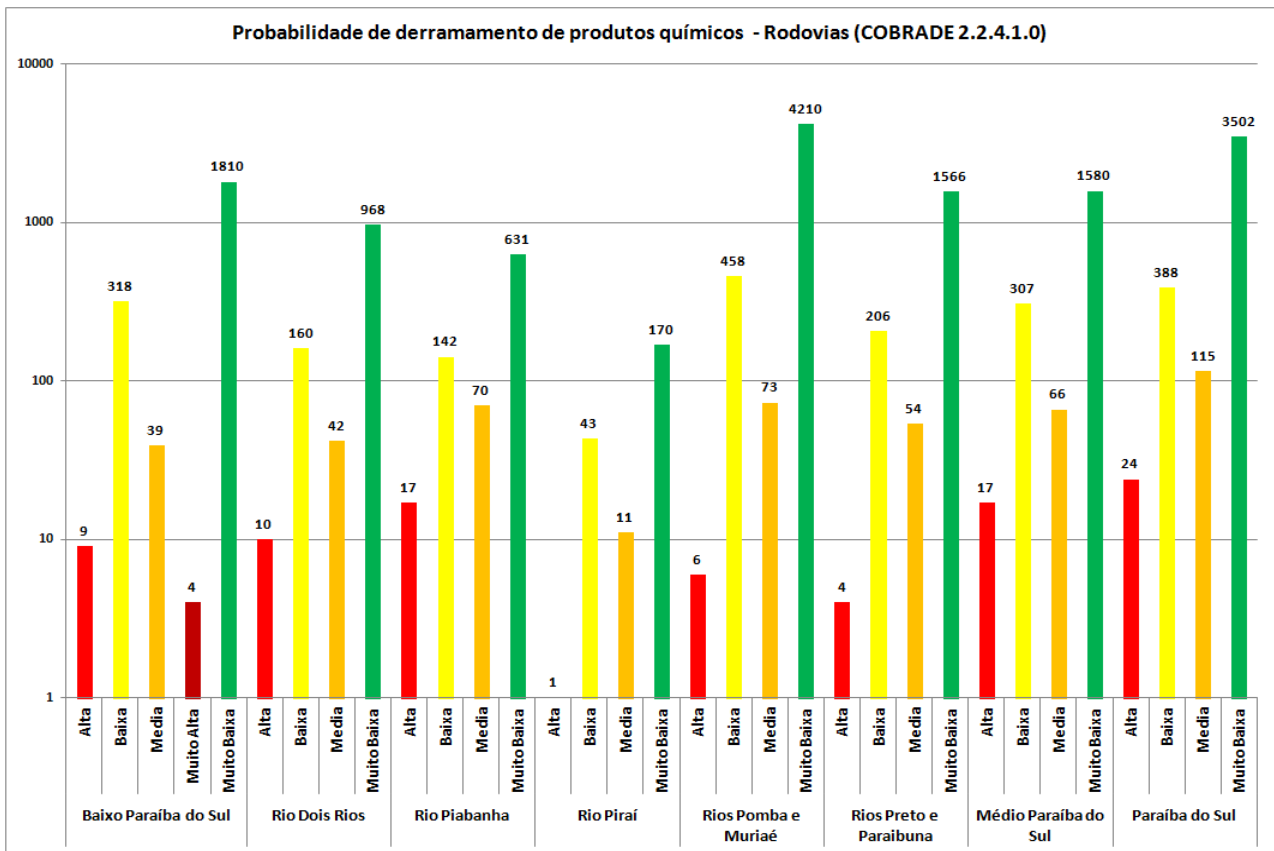


Figura 8.27 – Gráfico das probabilidades de ocorrência de derramamento de produtos químicos transportados por rodovias na bacia do Rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Como exposto anteriormente, a Bacia do Rio Paraíba do Sul drena o eixo mais rico do país. Somado a isso tem-se o fato de que a principal modalidade de transporte de carga no Brasil é a rodoviária. Como resultado, a área de estudo possui muitas e importantes rodovias, refletindo diretamente nos números de probabilidade de acidentes. Destarte, esse é o COBRADE que apresenta maiores probabilidades na presente análise, tendo duas regiões hidrográficas com mais ottobacias de probabilidades elevadas, sendo, CBH do Paraíba do Sul e CBH do Baixo Paraíba do Sul.

O CBH que apresenta maiores probabilidades novamente é a do Paraíba do Sul, com 24 ottobacias de probabilidade alta e 115 de probabilidade média. Nesta, há uma sucessão de ottobacias em probabilidades variando de baixa a muito alta, devido ao fato de que a Rodovia Presidente Dutra (BR-116) corre paralela ao curso principal da bacia, cruzando várias vezes com o mesmo, além de também cruzar com grandes afluentes.

Em seguida destaca-se o CBH do Baixo Paraíba do Sul, o qual apresenta quatro ottobacias com probabilidade muito alta (sendo a única região hidrográfica com essa classificação), nove com probabilidade alta e 39 consideradas como média. Justifica-se tal concentração ao intenso eixo viário que liga ao litoral, devido ao contexto portuário.

No CBH dos afluentes mineiros dos rios Preto e Paraibuna destaca-se alinhamentos de probabilidades relacionados à Rodovia Presidente Juscelino Kubitschek (BR-040) e a região de Juiz de Fora. Nesta região hidrográfica há quatro ottobacias com probabilidade alta e 54 com probabilidade média.

O restante das regiões hidrográficas apresenta números muito semelhantes, com variações de probabilidade não muito significativas.

8.4 Derramamento de produtos químicos transportados por Ferrovias em recursos hídricos (COBRADE 2.2.4.2.0)

A ocorrência de acidentes ferroviários pode proporcionar o vazamento e o derramamento de produtos químicos perigosos junto a corpos hídricos, apresentando grande potencial de contaminação dos recursos hídricos da bacia. Conforme a definição aplicada pela COBRADE, este tipo de evento compreende o “extravasamento de produtos perigosos transportados no modal ferroviário” e a ele foi atribuída a codificação 2.2.4.2.0.

O extravasamento destes materiais oferece risco de contaminação direta e imediata dos recursos hídricos e, conseqüentemente, o comprometimento da qualidade e da segurança de sua captação a jusante do ponto de contaminação, bem como pode oferecer prejuízo à vida animal, vegetal e demais seres vivos que se utilizam direta ou indiretamente do corpo hídrico contaminado.

Ocorrências de contaminação deste tipo podem estar relacionadas ao transporte de diferentes produtos potencialmente poluentes, tais como combustíveis, insumos agrícolas ou industriais, entre outros. As causas dos acidentes são diversas, sendo possíveis falhas humanas ou mecânicas, podendo ainda ocasionar em ferimentos ou morte dos profissionais envolvidos nos acidentes ferroviários.

8.4.1 Base de dados coletados para COBRADE 2.2.4.2.0

Durante a construção da base de dados foram coletadas informações a partir de diferentes fontes com registro de ocorrências deste tipo, entre eles dados internacionais do sistema europeu “eMARS” (*Major Accident Reporting System*), dados nacionais do S2ID – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres, que foram utilizados como panorama geral e base de comparação para os dados coletados referentes a ocorrências identificadas dentro da bacia. Para tanto, foram coletados os dados da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) e da FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente, de Minas Gerais), foram buscados dados de ocorrências deste tipo junto aos órgãos ambientais do Estado do Rio de Janeiro, porém sem sucesso na obtenção.

Ao todo, o inventário de eventos (Anexo Digital 01) apresenta o registro de quatro ocorrências deste tipo na bacia entre os anos de 1990 e 2018. Destacam-se as ocorrências registradas pela CETESB no período entre 2001 e 2020, pois estas apresentam uma descrição detalhada dos eventos, dentre os quais em dois casos houve vazamento em decorrência de acidente

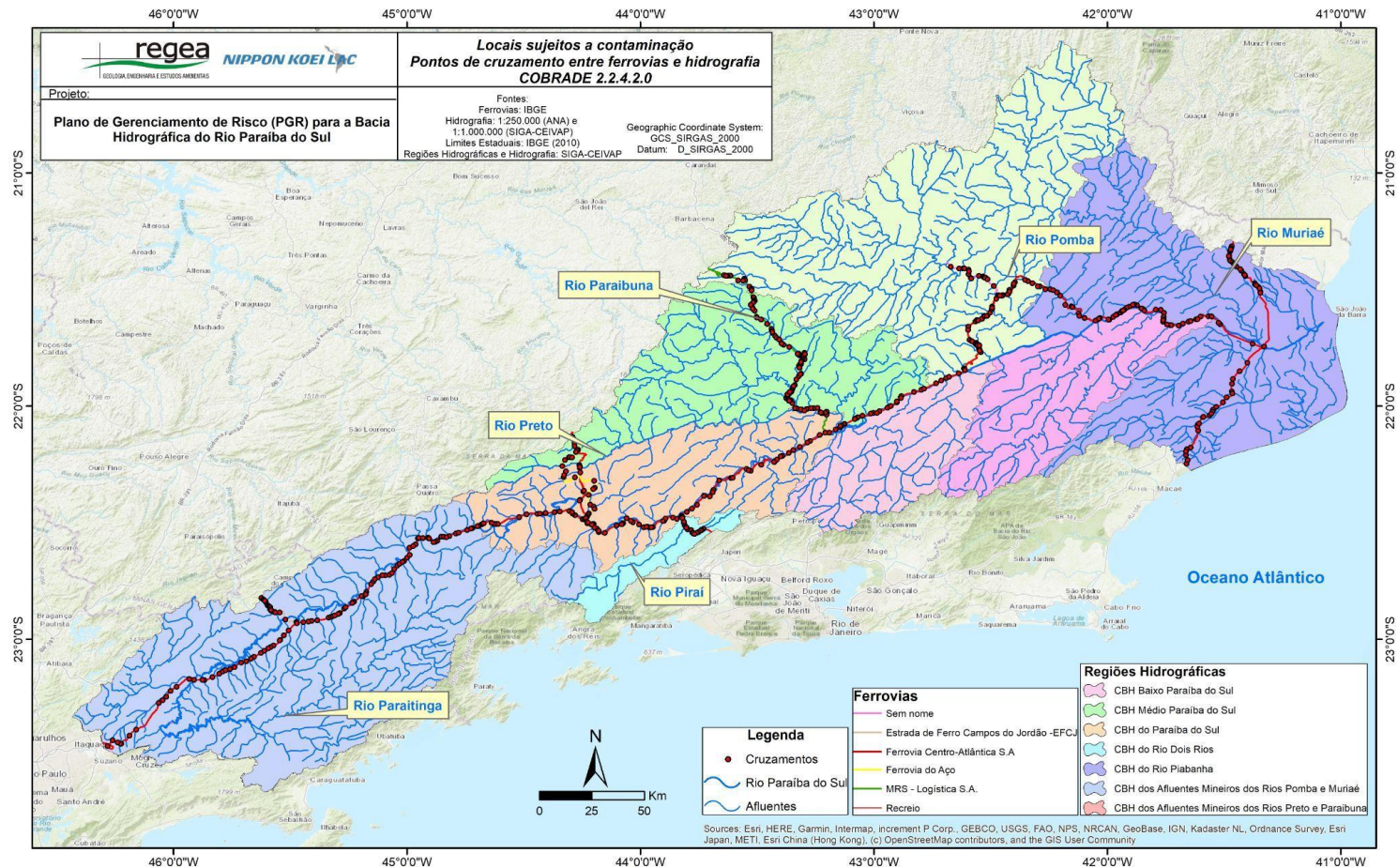
ferroviário, porém, sem o atingimento de corpos hídricos. As demais fontes do inventário apresentam outras duas ocorrências, sem especificação sobre o atingimento de corpos hídricos. De toda forma, essas duas ocorrências foram consideradas como potenciais eventos com atingimento direto de corpo hídrico. Dentre os municípios atingidos registram-se Volta Redonda-RJ e Leopoldina-MG.

8.4.2 Empreendimentos sujeitos a ocorrências COBRADE 2.2.4.2.0

As ocorrências de contaminação de corpos hídricos a partir de acidentes ferroviários pressupõem o encontro espacial destes dois elementos, por isso, com este intuito foi gerado o mapa exposto na Figura 8.28, que indica os 628 pontos críticos respectivos de tal cruzamento, os quais são detalhados no gráfico seguinte (Figura 8.29). Para isso, utilizou-se como base as ottobacias nível 7 e sua hidrografia correspondente (escala 1:250.000). Contudo, a região hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul não é abrangida completamente por essas bases supracitadas e foi necessário utilizar as ottobacias nível 6, juntamente com a base hidrográfica multiescalas da ANA que, dentre as opções, se apresentou como a mais detalhada. Quanto à base de ferrovias, deixou-se de fora o trecho da CPTM nas cidades de Mogi das Cruzes e Guararema, pois o mesmo não é utilizado para transporte de carga, apenas de pessoas.

Ao avaliar a dinâmica do processo de contaminação nas ocorrências avaliadas no banco de dados, confirma-se a necessidade de proximidade entre o ponto de vazamento de produtos perigosos na ferrovia e o corpo hídrico diretamente atingido.

Desta maneira, todos os pontos críticos identificados são potenciais locais para lançamento de produtos danosos à qualidade da água nos corpos hídricos em decorrência de acidentes associados ao transporte ferroviário (COBRADE 2.2.4.2.0) identificados ao longo da bacia.



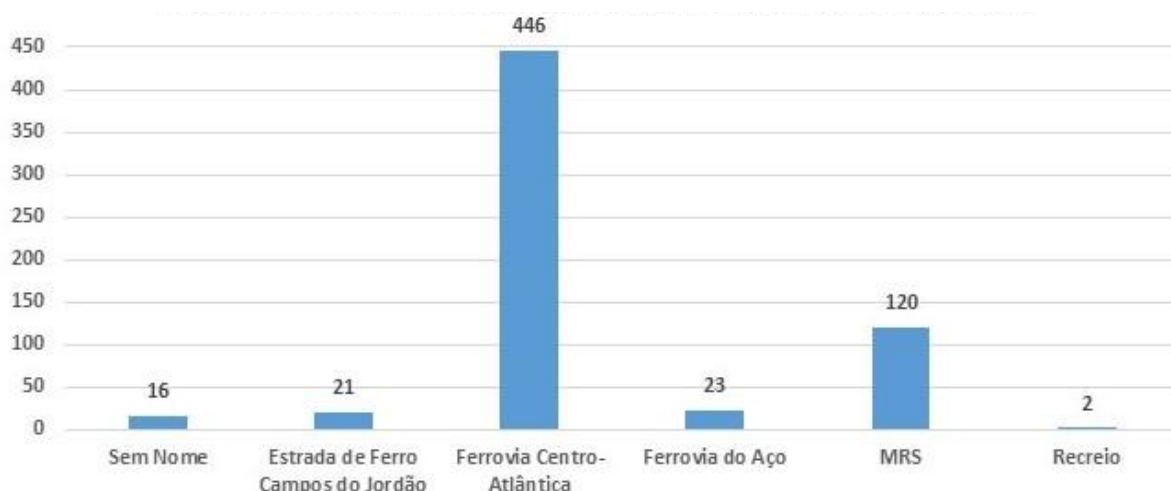


Figura 8.29 – Quantidade de cruzamentos ferrovia x hidrografia.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

8.4.3 Probabilidade de derramamento de produtos químicos transportados por ferrovias em recursos hídricos (COBRADE 2.2.4.2.0)

Conforme exposto no item 8.4.1, foram coletados dados de diferentes fontes para estimar a frequência das ocorrências deste tipo, e conseqüentemente estimar a probabilidade de ocorrências futuras na bacia. A partir dos dados detalhados apresentados pelo S2ID e FEAM-MG foi possível calcular a frequência das ocorrências COBRADE 2.2.4.2.0, para o cálculo foram desconsiderados os dados coletados pela CETESB, pois esta base fonte de dados a descreveu com clareza que as ocorrências de vazamento ocorridos após acidentes ferroviários não atingiram corpos hídricos. As demais bases de dados obtidas para este item se apresentaram incompletas ou insuficientes para esta análise, então de maneira conservadora, os eventos foram considerados por serem potenciais eventos com atingimento direto de corpo hídrico

O cálculo da probabilidade levou em consideração o número de ocorrências registradas, o período total da análise e o total da população exposta dentro do universo analisado. A partir destes dados foi possível calcular o número de ocorrências esperadas para a bacia para o período de um ano, bem como a probabilidade de ocorrência para cada empreendimento sujeito a este tipo de desastre.

Para eventos com classificação COBRADE 2.2.4.2.0 espera-se o registro de 0,200 ocorrências ao longo de toda a bacia para o período de um ano. Desta maneira, para cada um dos 628 pontos críticos destacados sob este risco, espera-se o registro de 0,000318 ocorrências em um período de um ano. O Quadro 8.8 detalha os valores calculados para a probabilidade da ocorrência de eventos com essa classificação COBRADE.

Quadro 8.8 – Probabilidade de ocorrência de desastres do tipo COBRADE 2.2.4.2.0.

Cobrade	2.2.4.2.0
Fonte de Dados	Inventário
Ocorrências Registradas	4
Período analisado (Anos)	20
População analisada	6.775.560
Frequência Anual	0,2
Frequência/Milhão de habitantes	0,030
Probabilidade Anual na Bacia	0,200
Empreendimentos sob risco	628
Probabilidade Anual por empreendimento	0,000318

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Em SIG, o valor de probabilidade anual foi atribuído a cada empreendimento relacionado ao COBRADE 2.2.4.2.0. Após isso, as ottobacias foram classificadas conforme a quantidade desse tipo de empreendimento, ou seja, em determinada ottobacia que possui 3 empreendimentos deste tipo, o valor 0,000318 foi multiplicado por três, resultando em 0,000954, e assim sucessivamente, apresentando como valor máximo 0,003816. Após a atribuição dos valores por ottobacia, os mesmos foram quebrados por meio do método de quebras naturais, a fim de relacioná-las com as classes de probabilidade (Quadro 8.9).

Quadro 8.9 – Valores atribuídos às classes de probabilidade de ocorrência do COBRADE 2.2.4.2.0

Score Probabilidade	Classes de Probabilidade
0,0	Muito baixa
0,000001 - 0,000636	Baixa
0,000637 - 0,001272	Média
0,001273 - 0,002226	Alta
0,002227 - 0,003816	Muito Alta

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

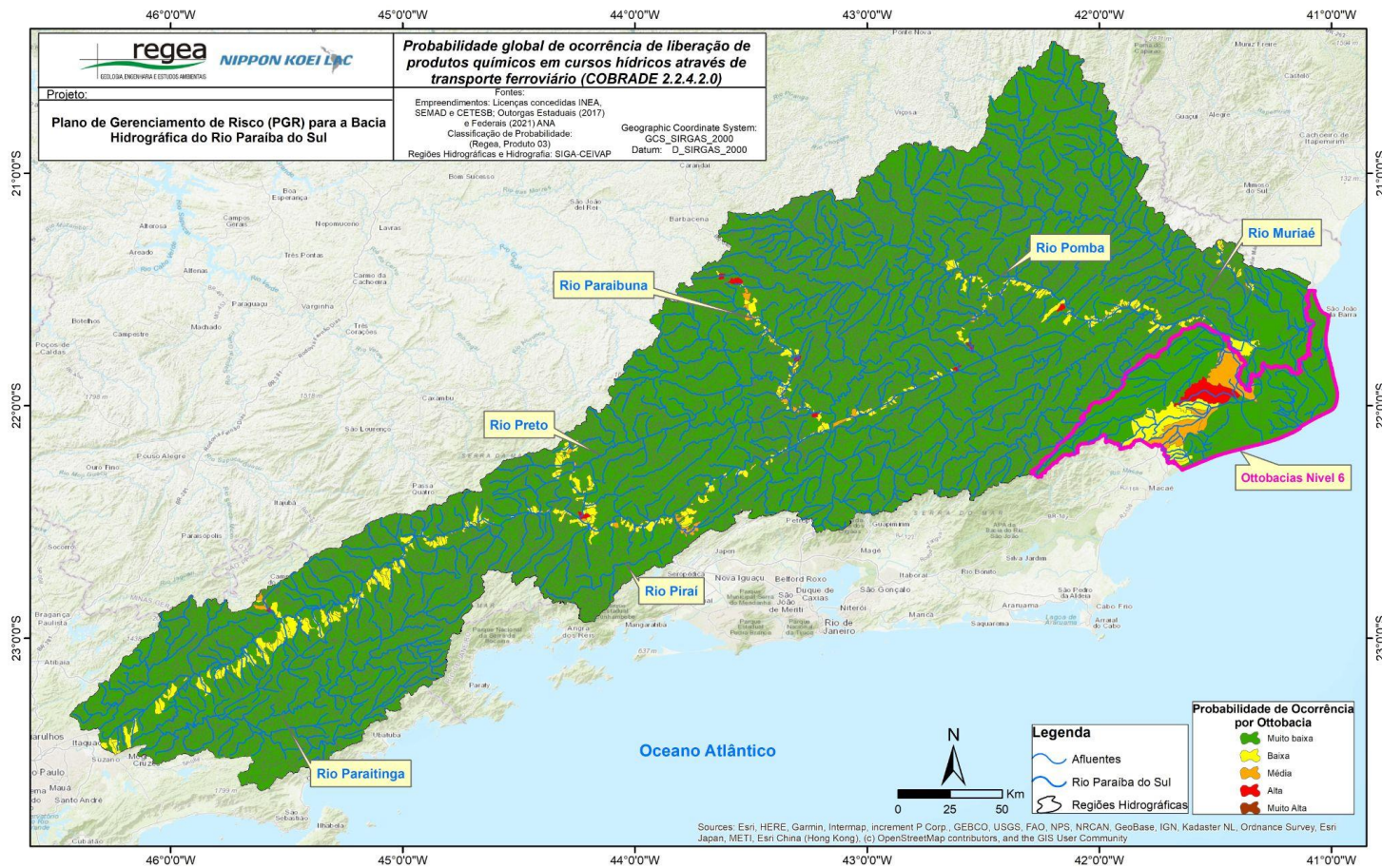


Figura 8.30 – Mapa de probabilidade de ocorrência de derramamento de produtos químicos transportados por ferrovias na bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

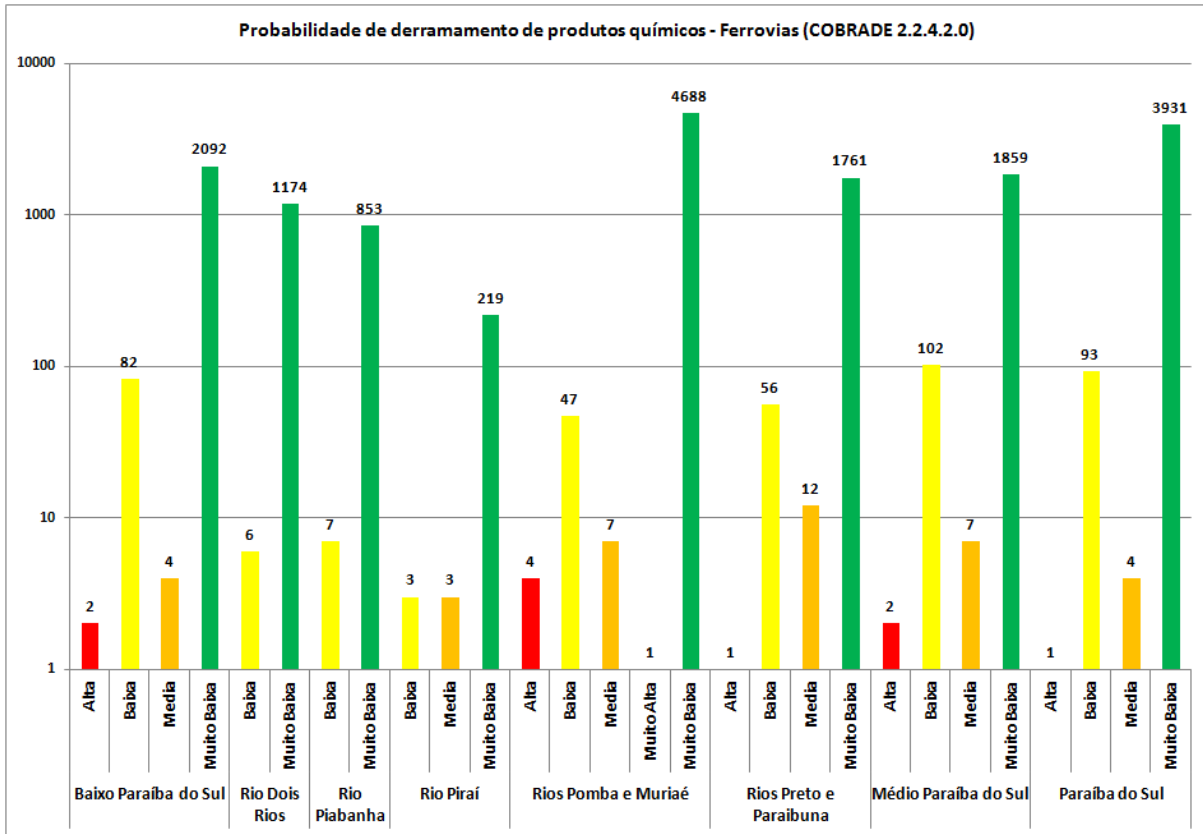


Figura 8.31 – Gráfico das probabilidades de ocorrência de derramamento de produtos químicos transportados por ferrovias na bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

A probabilidade de derramamento de produtos químicos transportados por ferrovias é predominantemente muito baixa e baixa e ocorrem em algumas regiões dispersas com probabilidades médias ou altas. Isso advém, majoritariamente, do fato da malha ferroviária presente na bacia não ser tão esparsa.

O CBH dos afluentes mineiros dos rios Pomba e Muriaé tem um leve destaque em relação aos outros, o qual apresenta uma ottobacia com probabilidade muito alta (sendo o único a apresentar tal classificação), quatro de probabilidade alta e quatro de probabilidade média. Mesmo sem apresentar probabilidades alta e muito alta, o CBH dos afluentes mineiros dos rios Preto e Paraibuna se destaca pelo elevado número de ottobacias com probabilidade média, sendo 12.

Já os CBHs Baixo e Médio Paraíba do Sul apresentam valores de probabilidade alta e média muito semelhantes, sendo, então, duas ottobacias com probabilidade alta e, respectivamente, quatro e sete com probabilidade média.

8.5 Derramamento de produtos químicos transportados por Dutos em recursos hídricos (COBRADE 2.2.4.4.0)

A ocorrência de acidentes dutoviários pode proporcionar o vazamento e o derramamento de produtos químicos perigosos junto a corpos hídricos, apresentando grande potencial de contaminação dos recursos hídricos da bacia. Conforme a definição aplicada pela COBRADE, esse tipo de evento compreende o “extravasamento de produtos perigosos transportados no modal dutoviário”, e a ele foi atribuída a codificação 2.2.4.4.0.

O extravasamento destes materiais oferece risco de contaminação direta e imediata dos recursos hídricos e conseqüentemente o comprometimento da qualidade e da segurança de sua captação a jusante do ponto de contaminação, bem como oferece prejuízo à vida animal, vegetal e demais seres vivos que se utilizam direta ou indiretamente do corpo hídrico contaminado.

Ocorrências de contaminação deste tipo podem estar relacionadas ao transporte de diferentes produtos potencialmente poluentes, tais como combustíveis, gases ou produtos de mineração. As causas dos acidentes são diversas, sendo possíveis tentativas de furtos, falhas humanas ou mecânicas, podendo ainda ocasionar em ferimentos ou morte dos profissionais envolvidos nos acidentes.

8.5.1 Base de dados coletados para COBRADE 2.2.4.4.0

Durante a construção da base de dados, foram coletadas informações a partir de diferentes fontes com registro de ocorrências deste tipo, entre eles dados internacionais do sistema europeu “eMARS” (*Major Accident Reporting System*), dados nacionais do S2ID, utilizados como panorama geral e base de comparação para os dados coletados referentes a ocorrências identificadas dentro da bacia. Para tanto, foram coletados os dados da CETESB e da FEAM. De forma complementar, foram buscados dados de ocorrências deste tipo junto aos órgãos ambientais do estado do Rio de Janeiro, porém sem sucesso na obtenção.

Ao todo, o inventário de eventos (Anexo Digital 01) apresenta o registro de nove ocorrências deste tipo na bacia entre os anos de 2016 e 2020. Nele, destacam-se as ocorrências registradas pela CETESB no período entre 2001 e 2020, pois apresentam uma descrição

detalhada dos eventos, dentre os quais em seis casos houve atingimento direto de corpos hídricos por diferentes produtos químicos, tais como petróleo e combustíveis.

8.5.2 Empreendimentos sujeitos a ocorrências COBRADE 2.2.4.4.0

As ocorrências de contaminação de corpos hídricos a partir de acidentes dutoviários pressupõem o encontro espacial destes dois elementos, por isso, com este intuito foi gerado o mapa exposto na Figura 8.32, o qual indica os 568 pontos críticos respectivos de tal cruzamento, os quais são detalhados no gráfico seguinte (Figura 8.33). Para isso, utilizou-se como base as ottobacias nível 7 e sua hidrografia correspondente (escala 1:250.000). Contudo, a região hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul não é abrangida completamente por essas bases supracitadas e foi necessário utilizar as ottobacias nível 6, juntamente com a base hidrográfica multiescalas da ANA que, dentre as opções, se apresentou como a mais detalhada. A Figura 8.32 apresenta, ainda, a distribuição desses pontos críticos em função dos oleodutos e minerodutos identificados na bacia, a base de dados espaciais corresponde aos dados do Ministério da Infraestrutura, sendo excluídos os gasodutos e avaliados apenas oleodutos e minerodutos.

Ao avaliar a dinâmica do processo de contaminação nas ocorrências avaliadas no banco de dados, confirma-se a necessidade de proximidade entre o ponto de vazamento de produtos perigosos na dutovia e o corpo hídrico diretamente atingido.

Desta maneira, todos os pontos críticos identificados são potenciais locais para lançamento de produtos danosos à qualidade da água nos corpos hídricos em decorrência de acidentes associados ao transporte dutoviário (COBRADE 2.2.4.4.0) identificados ao longo da bacia.

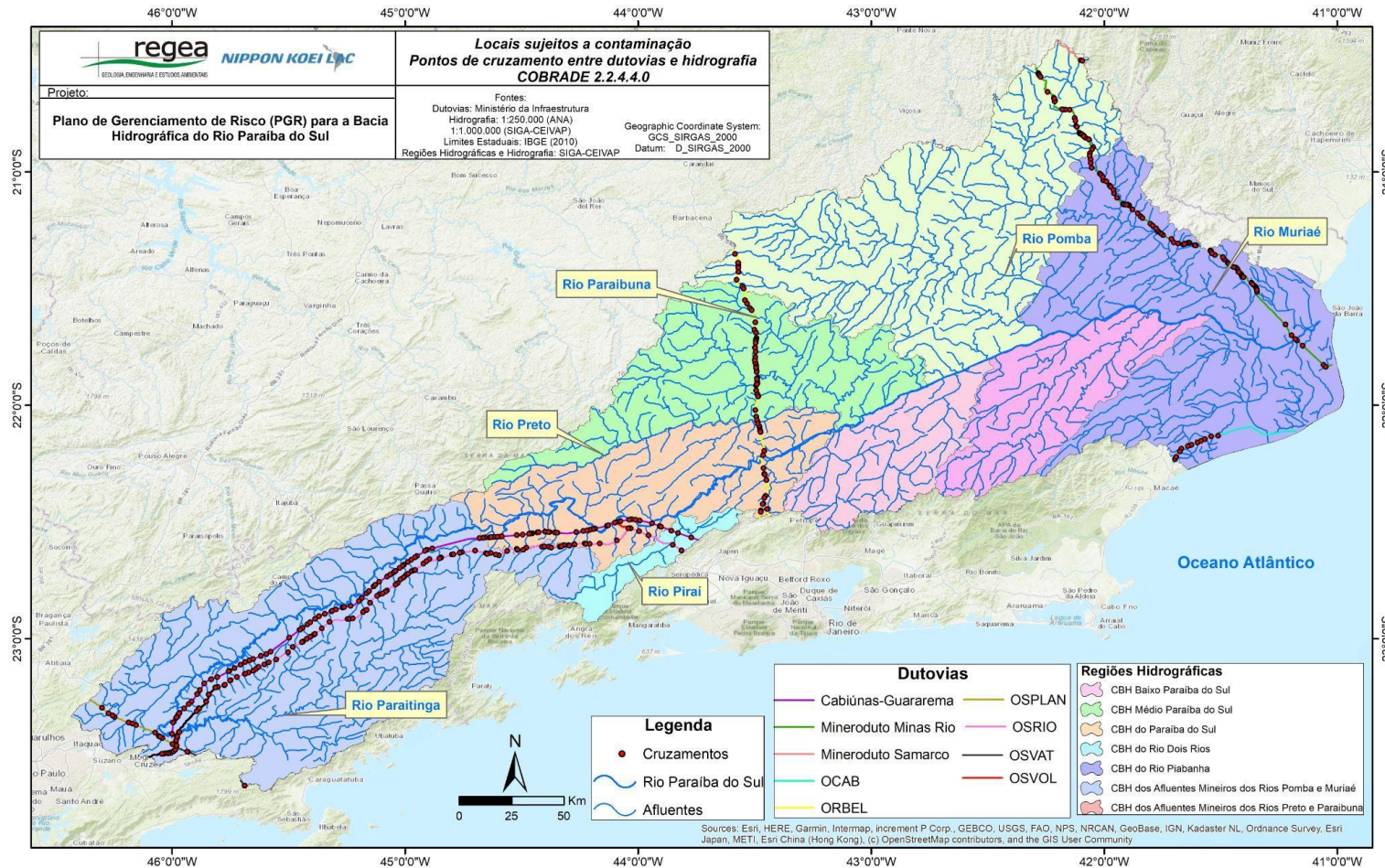


Figura 8.32 – Localização dos pontos críticos associados ao COBRADE 2.2.4.4.0.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

CONSÓRCIO NIPPON/REGEA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303, São Paulo-SP

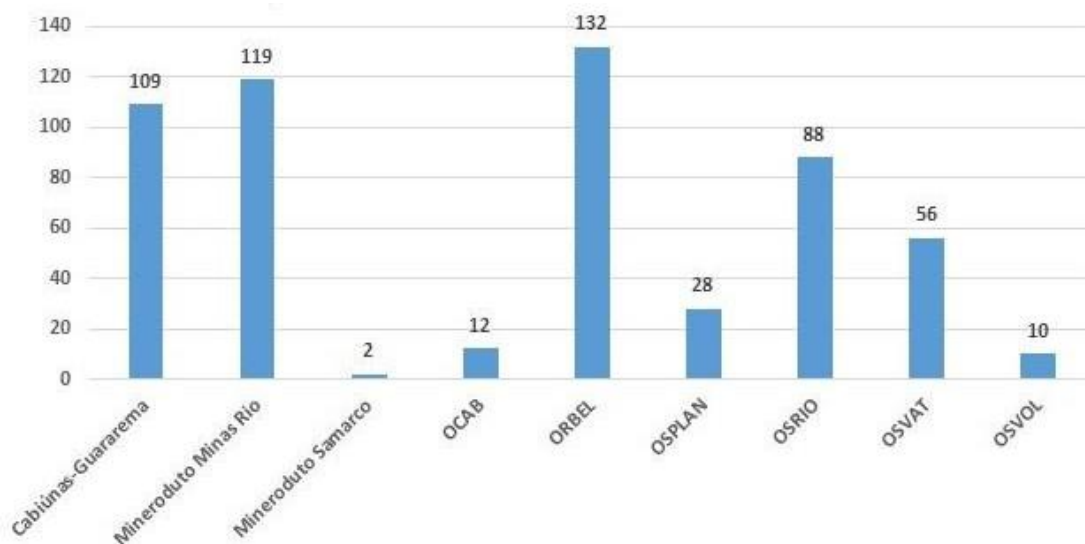


Figura 8.33 – Quantidade de cruzamentos dutovia x hidrografia.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

8.5.3 Probabilidade de derramamento de produtos químicos transportados por dutos em recursos hídricos (COBRADE 2.2.4.4.0)

Conforme exposto no item 8.5.1, foram coletados dados de diferentes fontes para estimar a frequência das ocorrências deste tipo, e conseqüentemente estimar a probabilidade de ocorrências futuras na bacia. A partir dos dados detalhados apresentados pela CETESB foi possível calcular a frequência das ocorrências COBRADE 2.2.4.4.0, para o cálculo foram utilizados os dados coletados pela CETESB para o período de 2001 a 2020, pois esta era a única base fonte de dados a descrever com clareza se as ocorrências de vazamento ocorridos após acidentes ocorridos em dutos atingiram corpos hídricos, enquanto as demais bases de dados obtidas para este item se apresentaram incompletas ou insuficientes para esta análise.

O cálculo da probabilidade levou em consideração o número de ocorrências registradas, o período total da análise e o total da população exposta dentro do universo analisado. A partir destes dados foi possível calcular o número de ocorrências esperadas para a bacia para o período de um ano, bem como a probabilidade de ocorrência para cada empreendimento sujeito a este tipo de desastre.

Desta forma, para eventos com classificação COBRADE 2.2.4.4.0 espera-se o registro de 1,319 ocorrências ao longo de toda a bacia para o período de um ano. Desta maneira, para cada um dos 568 pontos críticos destacados sob este risco, espera-se o registro de 0,002322 ocorrências em um período de um ano. O Quadro 8.10 detalha os valores calculados para a probabilidade da ocorrência de eventos com essa classificação COBRADE.

Quadro 8.10 – Probabilidade de ocorrência de desastres do tipo COBRADE 2.2.4.4.0.

Cobrade	2.2.4.4.0
Fonte de Dados	CETESB
Ocorrências Registradas	9
Período analisado (Anos)	20
População analisada	2.311.837
Frequência Anual	0,45
Frequência/Milhão de habitantes	0,195
Probabilidade Anual na Bacia	1,319
Empreendimentos sob risco	568
Probabilidade Anual por empreendimento	0,002322

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Por meio do uso de ferramentas SIG, o valor de probabilidade anual foi atribuído a cada empreendimento relacionado ao COBRADE 2.2.4.4.0. Após isso, as ottobacias foram classificadas conforme a quantidade desse tipo de empreendimento, ou seja, em determinada ottobacia que possui três empreendimentos deste tipo, o valor 0,002322 foi multiplicado por três, resultando em 0,006966, e assim sucessivamente, apresentando como valor máximo 0,016254. Após a atribuição dos valores por ottobacia, os mesmos foram quebrados por meio do método de quebras naturais, a fim de relacioná-las com as classes de probabilidade (Quadro 8.11).

Quadro 8.11 – Valores atribuídos às classes de probabilidade de ocorrência do COBRADE 2.2.4.4.0.

Score Probabilidade	Classes de Probabilidade
0,0	Muito baixa
0,000001 - 0,002322	Baixa
0,002323 - 0,004644	Média
0,004645 - 0,009288	Alta
0,009289 - 0,016254	Muito Alta

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

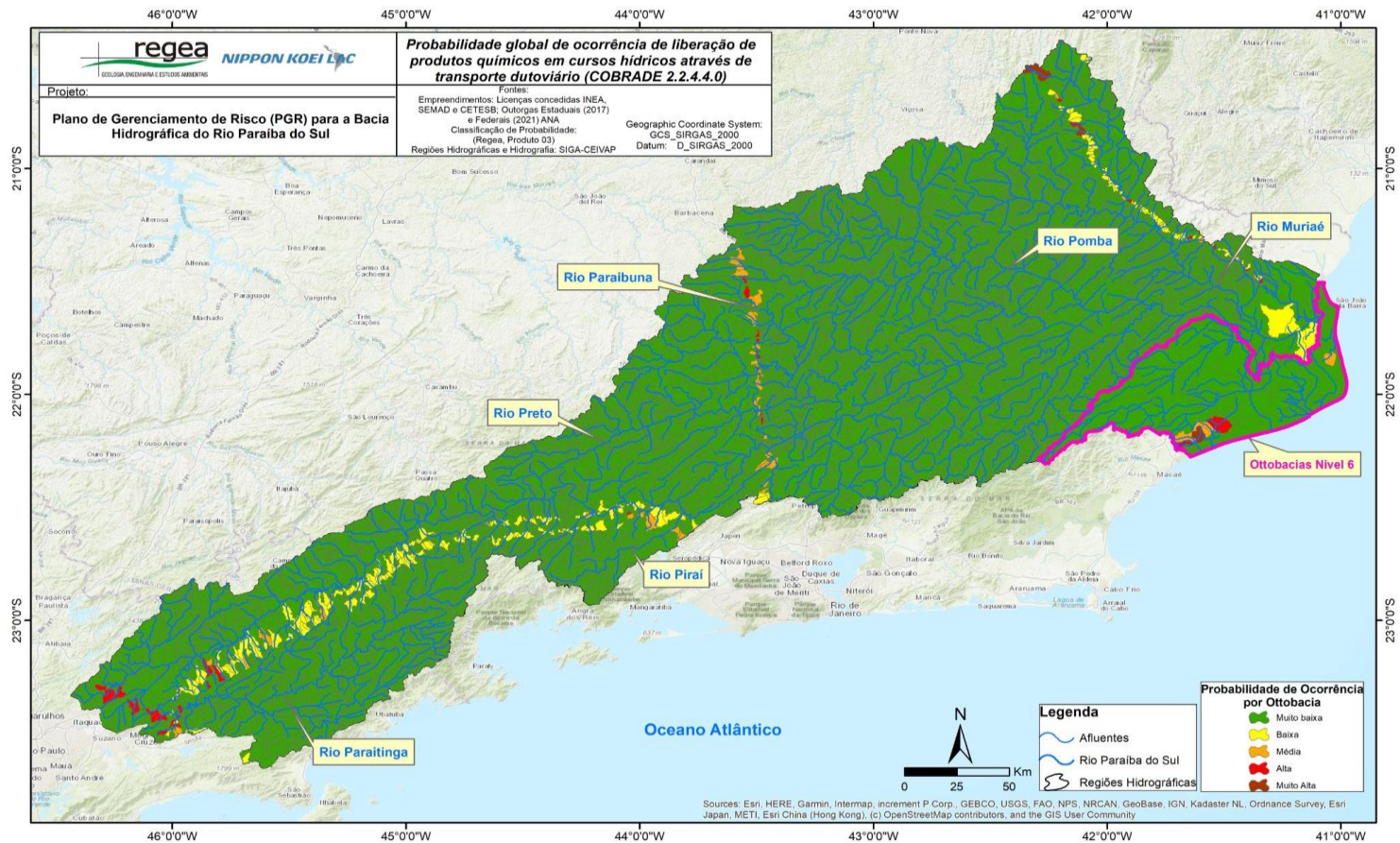


Figura 8.34 – Mapa de probabilidade de ocorrência de derramamento de produtos químicos transportados por dutos na bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

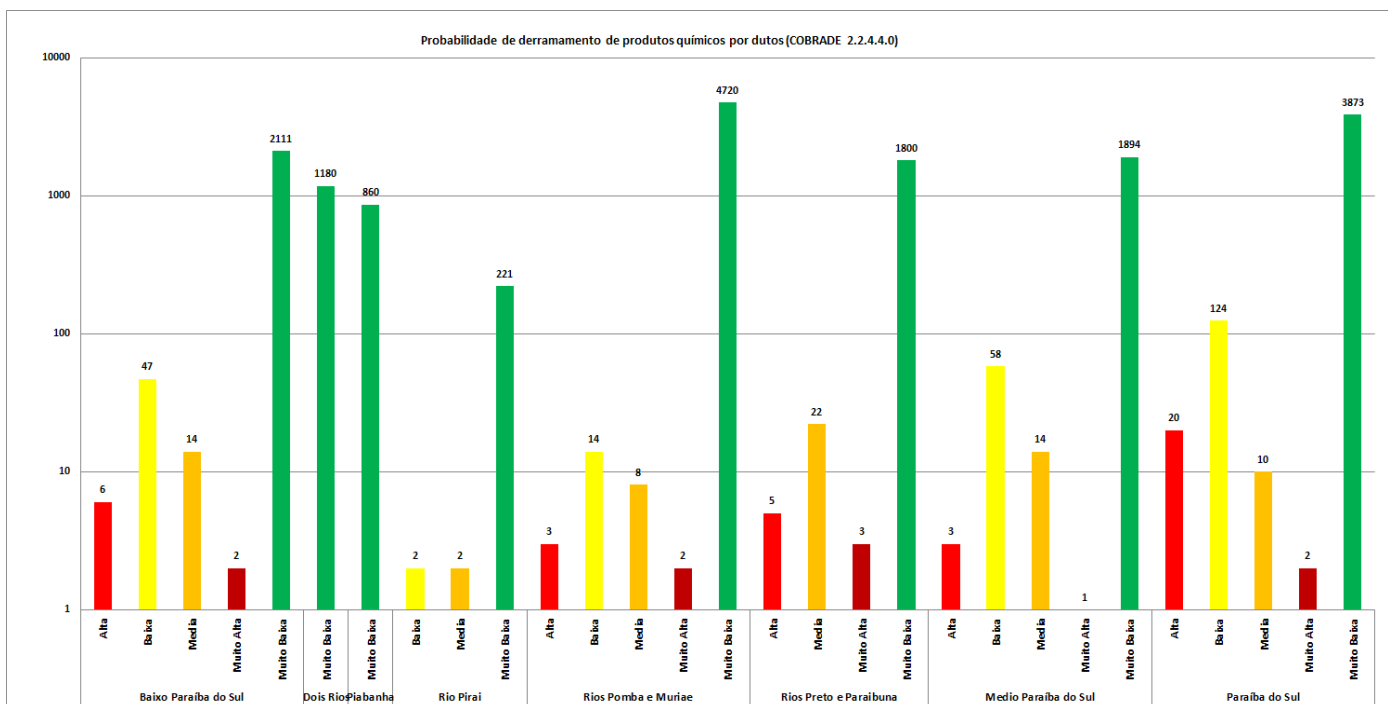


Figura 8.35 – Gráfico das probabilidades de ocorrência de derramamento de produtos químicos transportados por dutos na bacia do rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Da mesma forma que as ferrovias, os dutos não possuem ampla extensão e abrangência na bacia, fazendo com que o número de ottobacias com probabilidade muito baixa seja altíssimo. Com isso, os CBHs do Rio Dois Rios e Piabanha são classificados exclusivamente com probabilidade muito baixa.

A probabilidade muito alta aparece nos CBHs Baixo Paraíba do Sul, rios Pomba e Muriaé, rios Preto e Paraíbauna, Médio Paraíba do Sul e Paraíba do Sul, tendo apenas, respectivamente, 2, 2, 3, 1 e 2 ottobacias com tal classificação. O CBH do Paraíba do Sul é o que se destaca em número de ottobacias com probabilidades elevadas, seguido pelo Médio Paraíba do Sul. No terço médio da bacia, próximo aos rios Paraíbauna, Preto e Pirai, no eixo N-S da bacia, concentram-se probabilidades médias, com a ocorrência em menor frequência de probabilidades altas e muito altas, principalmente no trecho Norte.

8.6 Incêndios em plantas e distritos industriais, parques e depósitos (COBRADE 2.3.1.1.0)

Incêndios e explosões podem levar produtos químicos perigosos até corpos hídricos, apresentando grande potencial de contaminação dos recursos hídricos da bacia, seja pelo material lançado a partir da fonte do acidente, seja pelos produtos químicos eventualmente usados para a contenção do fogo e do seu avanço.

Conforme a definição aplicada pela COBRADE, este tipo de evento compreende a “propagação descontrolada do fogo em plantas e distritos industriais, parques e depósitos”, e a ele foi atribuída a codificação 2.3.1.1.0.

O lançamento destes materiais e até mesmo o modo de combate a este desastre podem oferecer risco de contaminação direta e imediata dos recursos hídricos e, conseqüentemente, o comprometimento da qualidade e da segurança de sua captação a jusante do ponto de contaminação, bem como oferecer prejuízo à vida animal, vegetal e demais seres vivos que se utilizam direta ou indiretamente do corpo hídrico contaminado. Ocorrências de contaminação deste tipo podem estar relacionadas a diferentes atividades industriais e a diferentes componentes potencialmente poluentes.

8.6.1 Base de dados coletados para COBRADE 2.3.1.1.0

Durante a construção da base de dados foram coletadas informações a partir de diferentes fontes com registro de ocorrências deste tipo, entre eles dados internacionais registrados na ONU na plataforma DesInventar (*Disaster Information Management System*), base de dados do EM-DAT (*Georeferenced Emergency Events Database*), do sistema europeu “eMARS” (*Major Accident Reporting System*), dados nacionais do S2ID, foram coletados ainda dados locais obtidos junto à CETESB e à FEAM. Foram buscados, ainda, dados de ocorrências deste tipo junto aos órgãos ambientais do Estado do Rio de Janeiro, porém sem sucesso na obtenção.

As diferentes fontes consultadas apresentam diferentes critérios para que um evento seja registrado em sua base como um desastre, variando em relação ao número mínimo de mortes ou de pessoas afetadas pelo evento, a um valor financeiro mínimo de prejuízo, ou a critérios locais determinados pelas autoridades que gerenciam cada país ou região contemplada. Explosões e incêndios podem apresentar conseqüências ambientais de diferentes portes e

em diferentes intensidades. Para este trabalho que visa identificar eventos que possam impactar os recursos hídricos, entende-se que apenas grandes incêndios têm potencial de seu combate e rescaldo atingir os recursos hídricos, e assim apenas desastres graves devem ser considerados, descartando os milhares de incêndios de pequeno porte anualmente registrados, e mesmo os incêndios florestais e rurais não foram utilizados na análise.

Diante da ausência de um vasto universo de dados regionais, optou-se por avaliar a ocorrência deste tipo de evento em escala global. Para tanto, foram coletados os dados registrados no EM-DAT para o período de 5 anos (2015-2019) para os 20 países mais ricos que compunham o universo de dados desta base. O EM-DAT registra acidentes graves no mundo todo, obedecendo aos seguintes critérios: número igual ou superior a 10 mortos ou 100 pessoas afetadas, declaração de estado de emergência por autoridade local, ou pedido de ajuda internacional.

A seguir, o Quadro 8.12 e a Figura 8.36 apresentam os dados obtidos junto aos registros do EM-DAT para os países mais ricos que fazem parte desse banco de dados.

Quadro 8.12 – Resumo dos registros de incêndios e explosões (Banco de dados EM-DAT 2015-2019) para os países selecionados.

País	População (2018)	Ocorrências (EM-DAT) de 2015 a 2019	Ocorrências / milhão de habitantes / Ano
Estados Unidos	331.002.651	6	0,00363
China	1.439.323.776	44	0,00611
Japão	126.476.461	1	0,00158
Reino Unido	67.886.011	1	0,00295
França	65.273.511	1	0,00306
Índia	1.380.004.385	33	0,00478
Itália	60.461.826	3	0,00992
Rússia	145.934.462	11	0,01508
Coreia do Sul	51.269.185	3	0,01170
Espanha	46.754.778	1	0,00428
México	128.932.753	5	0,00776
Indonésia	273.523.615	5	0,00366
Arábia Saudita	34.813.871	8	0,04596
Turquia	84.339.067	2	0,00474
Tailândia	69.799.978	1	0,00287
Irã	83.992.949	2	0,00476
Emirados Árabes Unidos	9.890.402	1	0,02022
Nigéria	206.139.589	9	0,00873

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

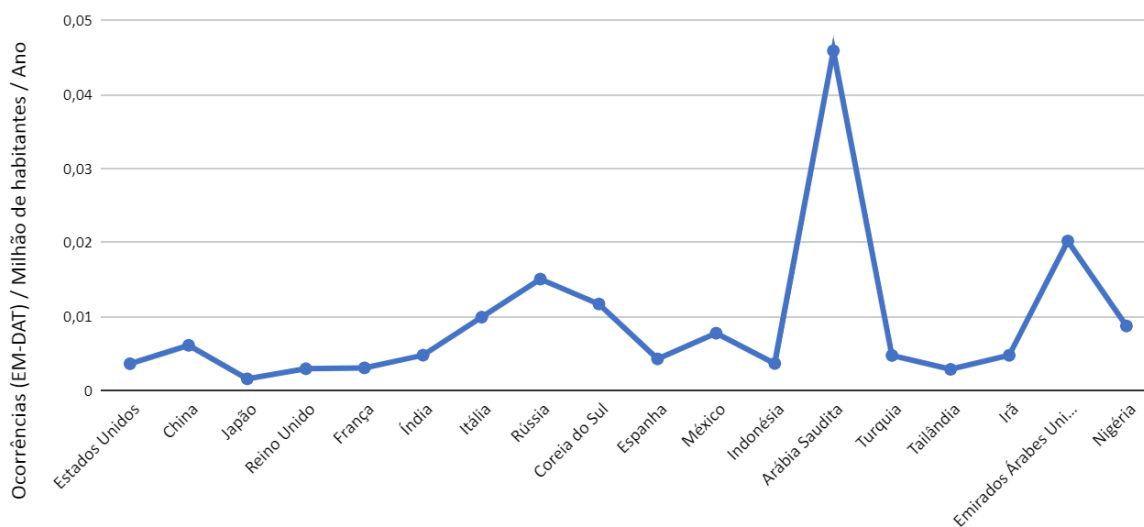


Figura 8.36 – Registros de incêndios e explosões (Banco de dados EM-DAT 2015-2019) em função da população de cada país analisado.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Ao avaliar os dados obtidos para este tipo de evento notou-se uma correlação entre o número de explosões e incêndios graves registrados e a população do país analisado (com $R^2=0,875$), a Figura 8.37 apresenta graficamente a correlação observada, sendo a reta traçada a partir da avaliação descrita pela equação: $y = 0,00312x + 0,156$, onde x é a população da localidade avaliada ($x \times 1.000.000$) e y é o número de registro de explosões ou incêndios por ano (segundo o critério supracitado), e a partir de uma regressão linear com a população da bacia hidrográfica será calculado a probabilidade de ocorrer um desastre desse tipo.

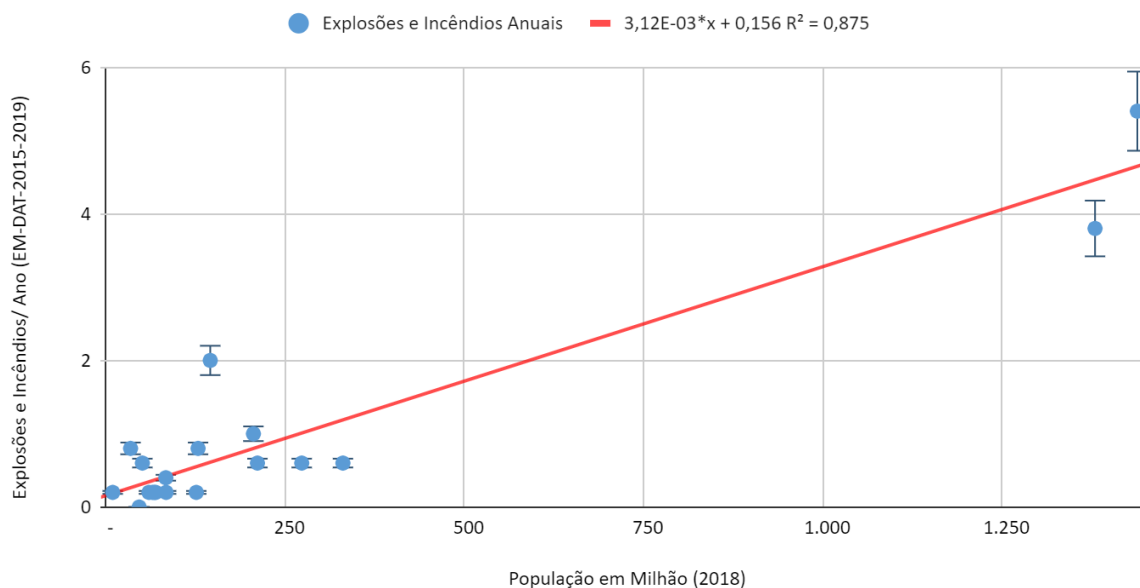


Figura 8.37 – Correlação entre população (em milhões) e eventos do tipo COBRADE 2.3.1.1.0.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

8.6.2 Empreendimentos sujeitos a ocorrências para COBRADE 2.3.1.1.0

Diferentes tipos de empreendimentos estão sujeitos a serem potenciais focos de incêndios e explosões com potencial para levar produtos danosos à qualidade da água nos corpos hídricos (COBRADE 2.3.1.1.0). Esses empreendimentos foram identificados ao longo da bacia, seja em função do potencial de produtos provenientes diretamente de explosões e incêndios ou do material usado em ações de combate ao fogo.

Conforme exposto na Figura 8.38 e no Quadro 8.13, foi identificado um total de 641 empreendimentos com atividades e características que podem gerar eventos deste tipo.

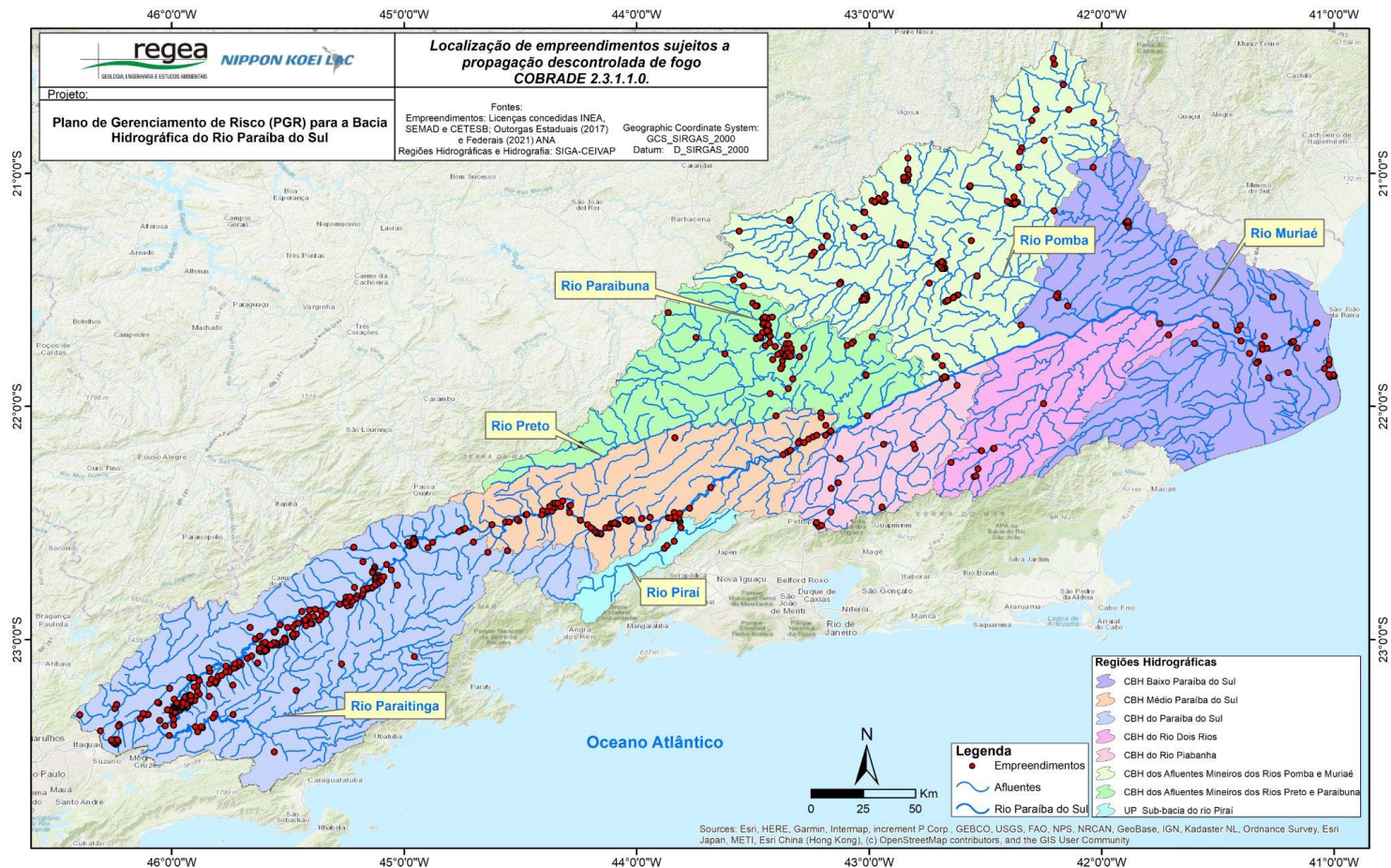


Figura 8.38 – Localização dos empreendimentos associados ao COBRADE 2.3.1.1.0.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Quadro 8.13 – Resumo dos Empreendimentos sujeitos à ocorrências de propagação de fogo a partir de explosões e incêndios (COBRADE 2.3.1.1.0)

Categoria dos Empreendimentos	Total de Empreendimentos
Indústria	326
Combustível e/ou lubrificante	162
Indústria química	81
Empreendimentos de grande porte	30
Produção de energia	16
Mineração	15
Destinação de resíduos não-inertes	11
Total	641

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

8.6.3 Probabilidade de incêndios em plantas e distritos industriais, parques e depósitos (COBRADE 2.3.1.1.0)

Conforme exposto no item 8.6.1, foram coletados dados de diferentes fontes para estimar a frequência das ocorrências deste tipo, e conseqüentemente estimar a probabilidade de ocorrências futuras na bacia. A partir dos dados da plataforma EM-DAT foi possível descrever uma equação que indica a quantidade de eventos esperados em um ano em função da população que habita determinada localidade estudada.

Desta maneira, o cálculo da probabilidade leva em consideração a população da localidade para a determinação do número de ocorrências esperadas nesta localidade. Assim, foi possível calcular o número de ocorrências esperadas para a bacia para o período de um ano, bem como a probabilidade de ocorrência para cada empreendimento sujeito a este tipo de desastre.

Para eventos com classificação COBRADE 2.3.1.1.0 espera-se o registro de 0,177 ocorrências ao longo de toda a bacia para o período de um ano. Desta maneira, para cada um dos 641 empreendimentos destacados sob este risco, espera-se o registro de 0,000276 ocorrências em um período de um ano. O Quadro 8.14 detalha os valores calculados para a probabilidade da ocorrência de eventos com essa classificação COBRADE.

Quadro 8.14 – Probabilidade de ocorrência de desastres do tipo COBRADE 2.3.1.1.0.

Cobrade	2.3.1.1.0
Fonte de Dados	Equação ($y = 0,00312x + 0,156$)
População analisada	6.775.560
Frequência/Milhão de habitantes	0,026
Frequência Anual Esperada	0,177
Empreendimentos sob risco	641
Probabilidade Anual por empreendimento	0,000276

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Por meio de ferramentas SIG, o valor de probabilidade anual foi atribuído a cada empreendimento relacionado ao COBRADE 2.3.1.1.0. Após isso, as ottobacias foram classificadas conforme a quantidade desse tipo de empreendimento, ou seja, em determinada ottobacia que possui 3 empreendimentos deste tipo, o valor 0,000276 foi multiplicado por três, resultando em 0,000828, e assim sucessivamente, apresentando como valor máximo 0,008556. Após a atribuição dos valores por ottobacia, os mesmos foram quebrados por meio do método de quebras naturais, a fim de relacioná-las com as classes de probabilidade (Quadro 8.15).

Quadro 8.15 – Valores atribuídos às classes de probabilidade de ocorrência do COBRADE 2.3.1.1.0

Score Probabilidade	Classes de Probabilidade
0,0	Muito baixa
0,000001 - 0,000552	Baixa
0,000553 - 0,001656	Média
0,001657 - 0,002760	Alta
0,002761 - 0,008556	Muito Alta

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

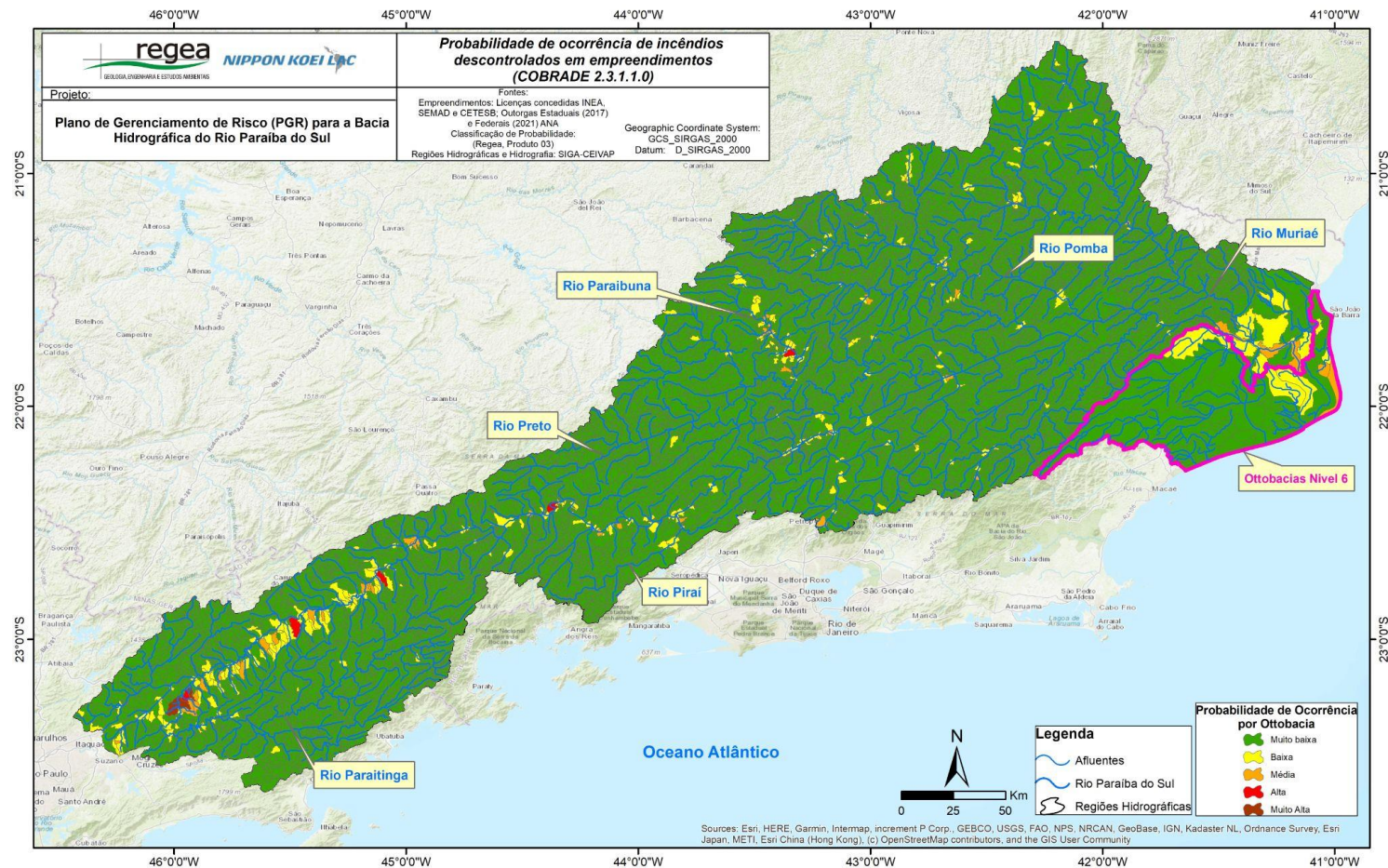


Figura 8.39 – Mapa de probabilidade de ocorrência de incêndios em empreendimentos na bacia do Rio Paraíba do Sul.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

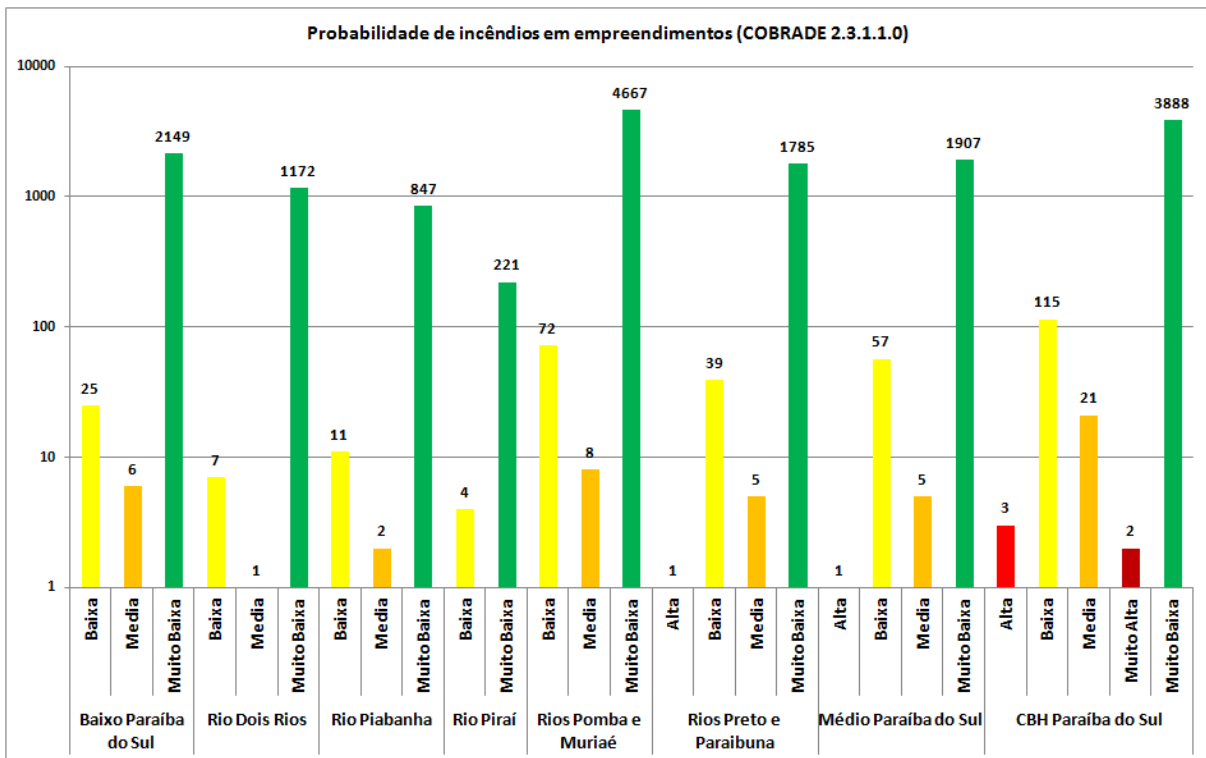


Figura 8.40 – Gráfico de probabilidade de ocorrência de incêndios em empreendimentos na bacia do Rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

A probabilidade de ocorrência de incêndios descontrolados é predominantemente muito baixa a baixa. Destaca-se o CBH do Paraíba do Sul como o de maior concentração e frequência de probabilidades média, alta e muito alta. Na região do médio curso do Rio Paraíba do Sul, entre os rios Preto e Pomba, ocorrem de modo disperso áreas de probabilidades média e alta, envoltas por probabilidades baixa e muito baixa. Por fim, a UP Sub-bacia do Rio Pirai apresenta-se como o melhor cenário para incêndios, pois apresenta ottobacias classificadas apenas com probabilidades muito baixa e baixa.

8.6.4 Probabilidade global de acidentes tecnológicos envolvendo produtos perigosos

Após a análise individual de probabilidade de cada tipo de acidente tecnológico relacionado à liberação de produtos poluentes em cursos hídricos (Quadro 8.16), apresenta-se aqui a probabilidade global por ottobacia. Esta análise refere-se à soma das probabilidades descritas anteriormente em que, se uma ottobacia possui um empreendimento com probabilidade de incêndio (0,000276) e um de liberação de produto químico (0,003388), sua probabilidade

global será a soma desses dois valores, resultando em 0,003664. Por outro lado, se outra ottobacia possui também probabilidade de incêndio e liberação de produto químico, mas este, por sua vez, em dois empreendimentos, sua probabilidade será 0,007052, pois o valor 0,003388 será multiplicado por dois, e assim sucessivamente.

Quadro 8.16 – Resumo das probabilidades de eventos relacionados à contaminação de corpos hídricos.

COBRADE	Score
2.2.2.2.0	0,003388
2.2.4.1.0	0,011483
2.2.4.4.0	0,002322
2.2.4.2.0	0,000318
2.3.1.1.0	0,000276

Fonte: Elaborado pelo Consórcio

Em SIG, os valores de probabilidade anual foram atribuídos a cada empreendimento relacionado ao seu respectivo COBRADE. Após isso, as ottobacias foram classificadas conforme a quantidade dos tipos de empreendimento, ou seja, em determinada ottobacia que possui 3 empreendimentos, sendo um com probabilidade de incêndio, outro relacionado à liberação de produtos químicos e ainda um cruzamento com rodovia; somou-se os três valores, resultando em 0,015147, e assim sucessivamente, apresentando como valor máximo 0,447837. Após a atribuição dos valores por ottobacia, os mesmos foram quebrados por meio do método de quebras naturais, a fim de relacioná-las com as classes de probabilidade (Quadro 8.17).

Quadro 8.17 – Valores atribuídos às classes de probabilidade de ocorrência global de acidentes com produtos perigosos e potencialmente poluentes.

Score Probabilidade	Classes de Probabilidade
0,000000 - 0,005710	Muito baixa
0,005711 - 0,019129	Baixa
0,019130 - 0,041415	Média
0,041416 - 0,093454	Alta
0,093455 - 0,447837	Muito Alta

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

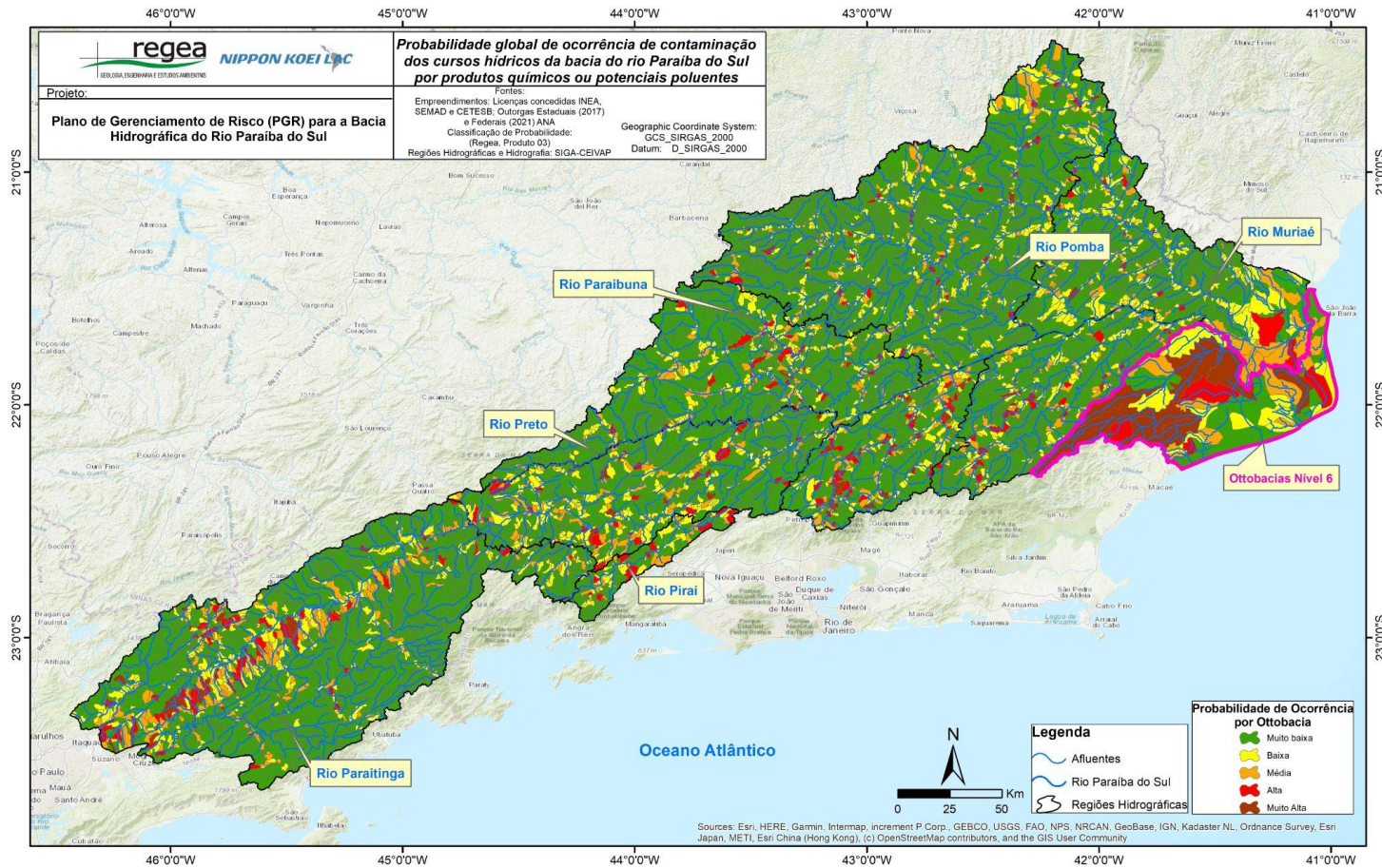


Figura 8.41 – Mapa de probabilidade de ocorrência de acidentes com contaminação por poluentes na bacia do Rio Paraíba do Sul
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

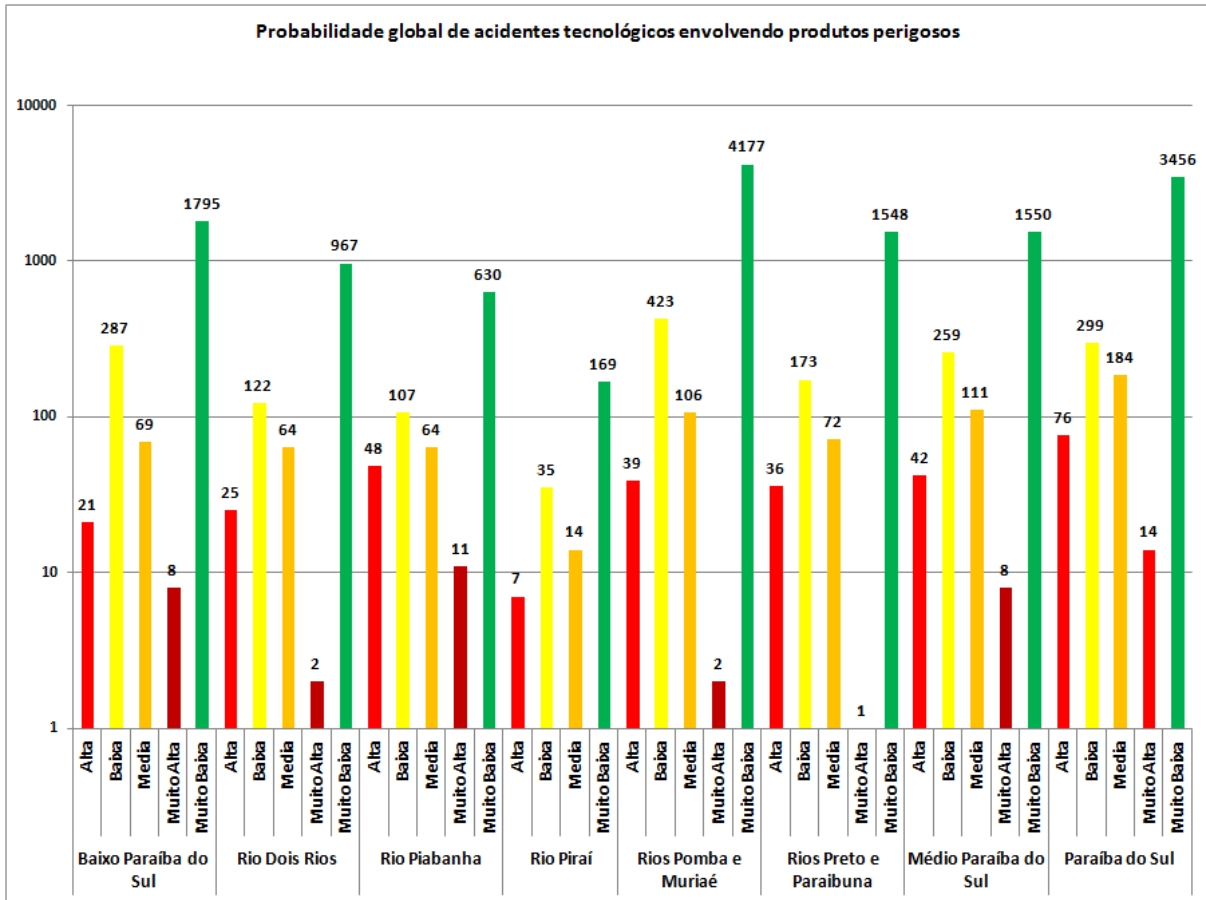


Figura 8.42 – Gráfico de probabilidade de ocorrência de acidentes com contaminação por poluentes na bacia do Rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

A probabilidade global de ocorrência de contaminação por produtos químicos ou potenciais poluentes está relacionada amplamente à presença de indústrias e infraestrutura urbana (rodovias, ferrovias e dutos). Como reflexo disso, o CBH do Paraíba do Sul destaca-se, novamente, como a região de maior número de ottobacias com probabilidades elevadas. Em contraponto tem-se a UP Sub-Bacia do Rio Pirai que apresenta o menor número, devido a sua extensão territorial e também às menores aglomerações urbanas. Nesse sentido, para uma análise quantitativa por CBH, somou-se as ottobacias com classificação média, alta e muito alta de cada região, listados a seguir:

- CBH Baixo Paraíba do Sul: 98 ottobacias;
- CBH do Rio Dois Rios: 91 ottobacias;
- CBH do Rio Piabanha: 123 ottobacias;

- UP Sub-Bacia do Rio Piraí: 21 ottobacias;
- CBH dos afluentes mineiros dos rios Pomba e Muriaé: 147 ottobacias;
- CBH dos afluentes mineiros dos rios Preto e Paraibuna: 109 ottobacias;
- CBH do Médio Paraíba do Sul: 161 ottobacias;
- CBH Paraíba do Sul: 274 ottobacias.

O Vale do Paraíba destaca-se pela concentração de probabilidades média a muito alta, principalmente nas proximidades do Rio Paraíba do Sul, devido ao desenvolvimento industrial, concentração populacional e sua respectiva infraestrutura associada. Esta região está inserida em um contexto de cabeceira/alto curso da drenagem principal e, a ocorrência de eventuais contaminações podem afetar captações, empreendimentos, biota e abastecimento público a jusante. Na porção correspondente ao médio curso do Rio Paraíba do Sul, entre os rios Piraí, Preto e Paraibuna, bem como no baixo curso da bacia, ocorrem frequentemente probabilidades médias e altas, relacionadas tanto à área industrial do Rio de Janeiro, de Resende e Volta Redonda quanto a rodovias como a Presidente Dutra, ferrovias e dutos.

Por fim, destaca-se a existência de *outliers*, ou seja, dados muito fora da série. Neste caso trata-se do valor de probabilidade de derramamento de produtos perigosos e potencialmente poluentes por meio de transporte rodoviário. Essa pontuação apresentou-se mais elevada que as demais pelo fato de possuir elevado número de pontos críticos, ou seja, mais de 5 mil cruzamentos de rodovias com hidrografia; aliado ao alto número de ocorrência desse tipo de acidente, principalmente na Rodovia Presidente Dutra (BR 116) e Rodovia (BR-040). Com isso, os valores de probabilidade global serão alçados, aumentando significativamente a classificação de algumas ottobacias.

9 ANÁLISE DOS EVENTOS CRÍTICOS POR ROMPIMENTO OU COLAPSO DE BARRAGENS (COBRADE 2.4.2.0.0)

O rompimento ou colapso de barragens embora seja um tipo de desastre tecnológico, que potencialmente possa poluir os recursos hídricos por contaminantes, a exemplo do capítulo anterior. Foi analisado em item a parte, devido à magnitude de seus potenciais impactos e, aos justos cuidados dos estudos de segurança de barragens, desde os acidentes da Samarco. Esse tipo de evento crítico, que a depender de sua magnitude, pode causar danos catastróficos à bacia hidrográfica em que se localiza, englobando prejuízos ambientais e socioeconômicos. Além da possibilidade de perdas de vida e de interrupção do abastecimento de água. Dentre as consequências ambientais, destaca-se a contaminação dos cursos hídricos relacionada ao tipo de material extravasado, o qual poderá demandar medidas custosas e longas de recuperação. Ademais, o impacto da onda pode causar sérios danos à infraestrutura urbana em seu raio de alcance.

Como elucidado anteriormente, a bacia do Paraíba do Sul possui histórico de rompimentos de barragens com consequências severas aos seus canais. Por exemplo, o colapso da barragem de rejeitos industriais de Cataguazes, responsável por impactar o Rio Pomba e o Paraíba do Sul até sua foz. E o acidente de Miraí, que impactou o Rio Muriaé e o Rio Paraíba do Sul. Além dos casos supracitados, aponta-se aqui o rompimento de uma cava de areia em Jacareí-SP em fevereiro de 2016. A ocorrência se deu pelo rompimento da parede da cava de extração subaquática por dragagem. A cava é localizada muito próxima das margens do Rio Paraíba do Sul e, ao romper, lançou água com muito sedimento em suspensão para o Rio Paraíba do Sul, ocasionando devido ao alto índice de turbidez a paralisação do abastecimento de água por algumas horas do dia 06 (IG, 2016). Esse acidente é relativamente comum, devido aos processos de extração de areia de várzea dos rios. Assim, foi classificado esse abundante tipo de empreendimento minerário de extração de areia na bacia, como fonte de risco aos recursos hídricos.

Por isso, considera-se aqui todas as barragens instaladas na área de estudo, independente de seus diferentes usos, sendo, então: barragens de rejeito, barragens de resíduos, mineração, barramentos para produção de energia e barramentos em geral (aquicultura, irrigação, controle de vazão, etc.). Tal diferenciação por categoria é importante, pois cada tipo

de barramento possui características diferentes (como tamanho, método construtivo, estabilidade, etc), resultando em diferentes impactos e danos potenciais.

9.1 Base de dados coletados para COBRADE 2.4.2.0.0

Durante a construção da base de dados foram coletadas informações a partir de diferentes fontes, as quais dispunham de dados georreferenciados das diferentes categorias de barramentos. Assim, utilizou-se nesta etapa dados advindos do SNISB (2021), dados da ANA (2021) quanto a barragens de produção de energia, de abastecimento público, de massas de água e de reservatórios, além de outorgas federais (2021) e estaduais (2017) da ANA, dados referentes a barragens hidroelétricas da ANEEL (2021), dados referentes de barragens de rejeito da FEAM (2021), licenciamentos da Cetesb entre os anos de 2015 a 2020, base de centrais hidrelétricas do INEA, base de empreendimentos do INEA e, por fim, licenciamentos do SEMAD no ano de 2019.

A base mais detalhada quanto às características de cada empreendimento é a do SNISB, na qual é possível saber não só o uso principal do barramento, mas também seu tipo de material construtivo, capacidade de armazenamento, risco de rompimento e dano potencial associado ao rompimento, entre outros. Por outro lado, as outras bases forneceram dados restritos ao uso, os quais serviram para inferências de material armazenado e padrão construtivo.

Por fim, como apontado no Produto 01 (Plano de Trabalho) do presente projeto, pretendia-se nesta etapa analisar os Planos de Segurança das Barragens (PSBs) e Planos de Ações Emergenciais (PAEs) elaborados para as barragens localizadas na área de estudo. Contudo, o consórcio não conseguiu acesso a tais relatórios, considerados sigilosos. Com tais materiais, planejou-se a análise das manchas de raio de alcance do material, não só da área de impacto principal, mas também de sub-bacias mais à jusante que podem ser afetadas por material em suspensão ou potenciais poluentes.

9.2 Empreendimentos sujeitos a ocorrências para COBRADE 2.4.2.0.0

Após a junção das bases descritas acima e de filtro para eliminação de possíveis duplicatas (explicado detalhadamente no tópico 8.1), a análise contou com 840 barragens (Quadro 9.1), onde, a grande maioria refere-se à produção de energia, seguida por mineração (extração de areia). Nesse contexto, deve-se reforçar que essas categorias em maior número são referentes a barragens que necessitam de várias autorizações legais para instalação e funcionamento, tendo então um controle maior quanto ao seu cadastro. Por outro lado, o mesmo não ocorre com os barramentos de pequeno porte - destinados à irrigação,

paisagismo, recreação e afins -, fazendo com que possam estar subestimados, pois podem ser construídos sem a devida regularização e registro nos órgãos fiscalizadores.

Deve-se ressaltar, ainda, que no tópico 8.1 foram apresentados os empreendimentos e sua relação com a possibilidade de ocorrência de acidente listado na COBRADE. Para tal definição não foi considerada distinção entre os tipos de barramentos, dado que toda barragem tem risco de rompimento ou colapso, mas o que as diferenciam são suas probabilidades e danos associados.

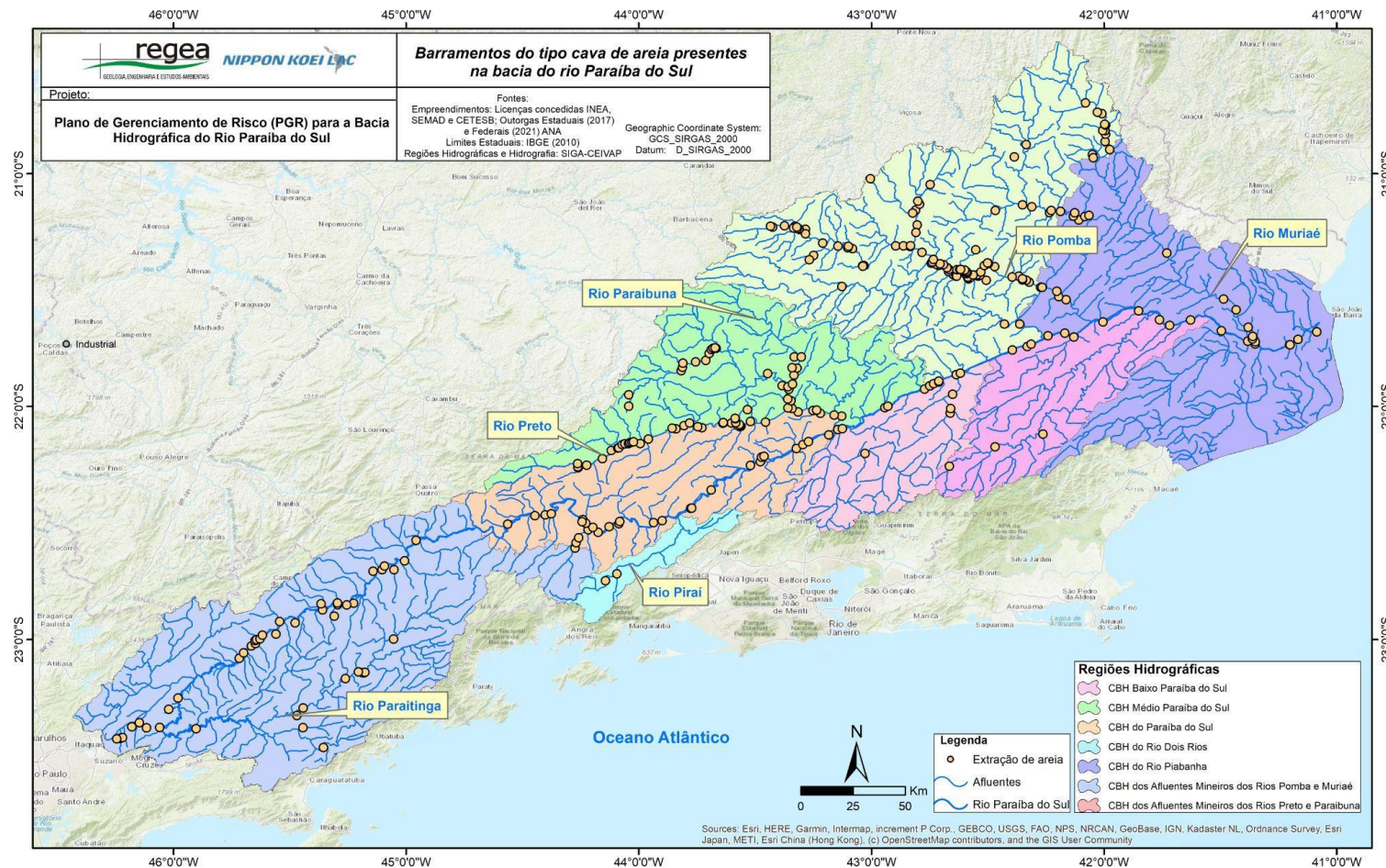
A seguir, são apresentados mapas com a distribuição de tais empreendimentos a partir de suas categorias (Figura 9.1 até a Figura 9.3). Em relação às barragens são consideradas estruturas de contenção de rejeito além do minério areia, enquanto as cavas são consideradas apenas barramentos para extração de areia. Percebe-se que as extrações de areia concentram-se na calha do rio Paraíba do Sul e na do rio Pomba. Já as barragens destinadas à produção de energia aparecem em maior número nos Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais, respectivamente. Por fim, os outros usos apresentam-se em menor número e em proporção semelhante nos três Estados.

Quadro 9.1 – Resumo dos Empreendimentos sujeitos à rompimento e colapso de barragens (COBRADE 2.4.2.0.0)

Categoria dos Empreendimentos	Total de Empreendimentos
Barragens de resíduos / rejeitos	32
Barramentos em geral	83
Mineração*	318
Produção de energia	407
Total	840

* Mineração considera apenas as extrações de areia

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.



CONSÓRCIO NIPPON/REGA

Rua Claudio Soares, 72, 3º andar conjuntos 302 e 303, São Paulo-SP

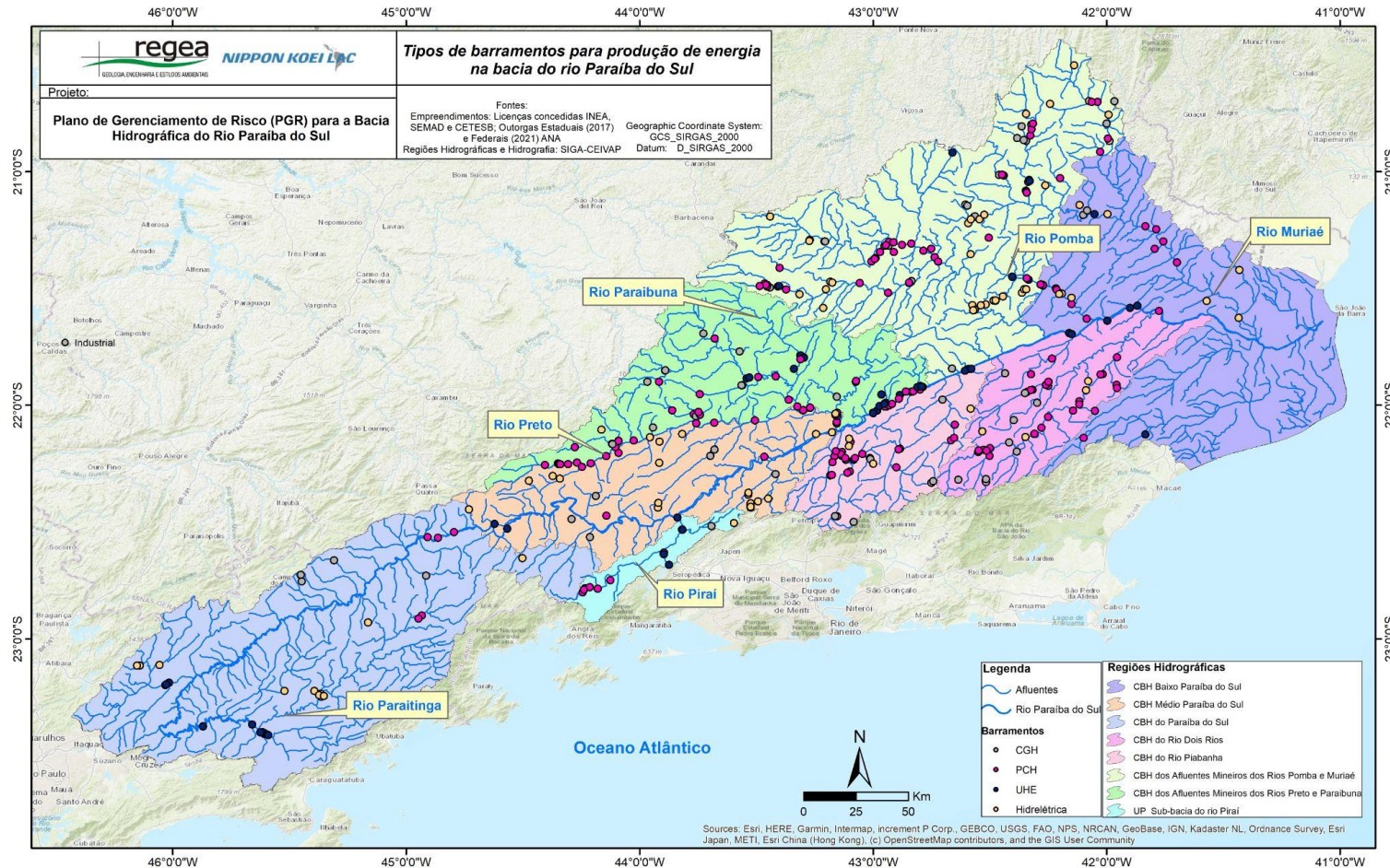
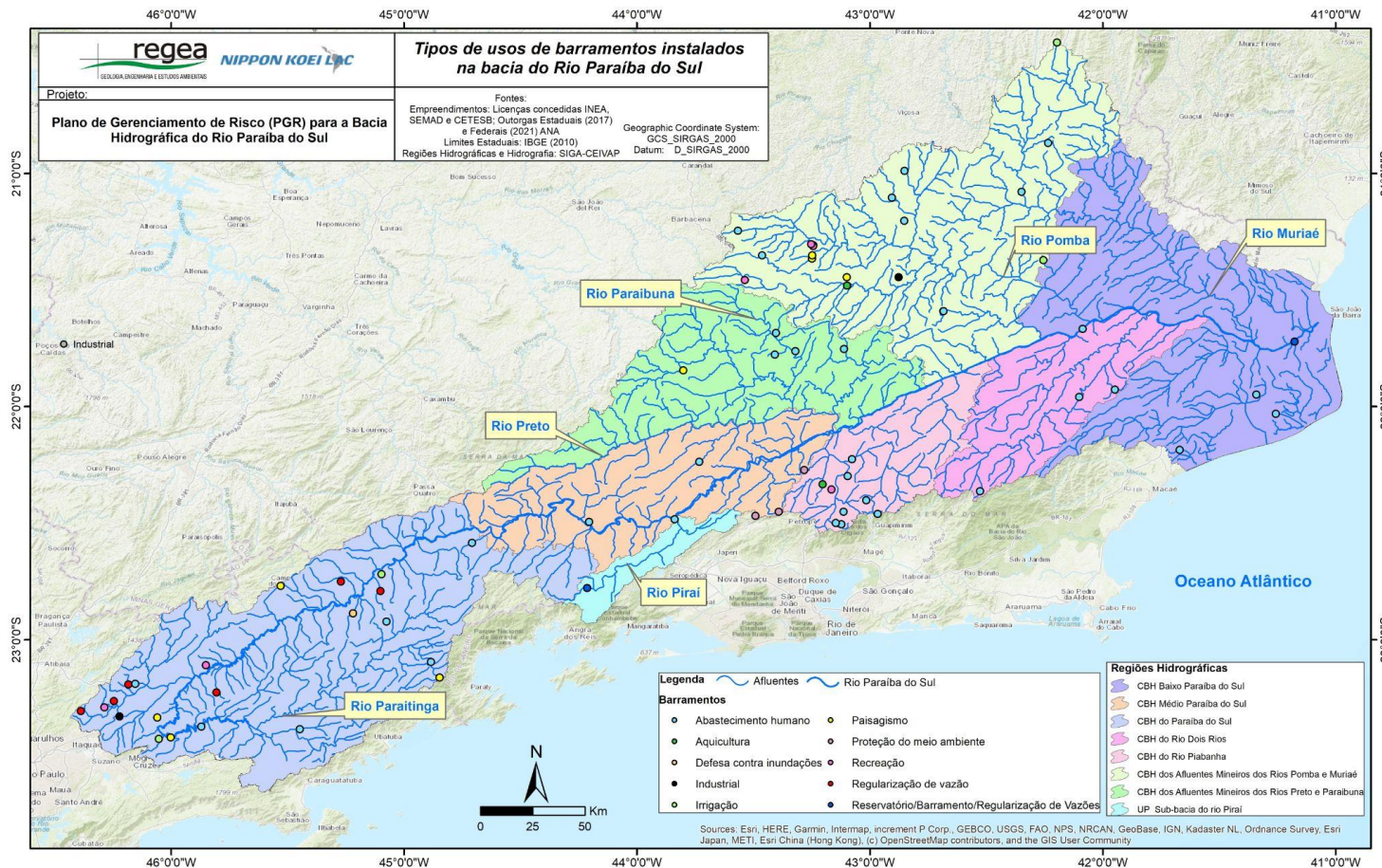


Figura 9.2 – Mapa das barragens de produção de energia instaladas na bacia do Rio Paraíba do Sul.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

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



Com base no inventário (Anexo Digital 01) foram identificadas 13 ocorrências de rompimento ou colapso de barragens na bacia do Rio Paraíba do Sul, sendo: barragem de rejeito de bauxita, barragem de rejeito industrial; cava de areia; açude e uma barragem antiga sem uso explícito no relatório. Deste modo, no tópico 9.5.7. deste relatório é tratada a probabilidade de ocorrência de rompimento ou colapso para as categorias de barragens listadas acima.

9.3 Rompimento ou colapso de barragens (COBRADE 2.4.2.0.0)

Naturalmente os estudos de análise de probabilidades de ruptura das barragens, deveriam seguir um caminho individualizado, sendo avaliados os empreendimentos caso a caso, a partir das informações dos relatórios de segurança de barragem, de acordo com Lei Nº 14.066/2020, que altera a Lei nº 12.334/2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Contudo, esse caminho não foi possível de ser realizado, devido à classificação dos relatórios enviados aos órgãos competentes de avaliação considerados como sigilosos e, portanto, não disponibilizados ao Consórcio. Uma vez que, não foi possível avaliar todos os empreendimentos por uma metodologia individualizada para cada empreendimento foi decidido aplicar:

1º Critério - Comparar os empreendimentos cadastrados com as bases do SNISB, destacando que uma vez impossibilitado de se utilizar os relatórios individuais, decidiu-se considerar a classificação de risco de rompimento de barragens atribuídas às barragens monitoradas pelo SNISB;

2º Critério - Quando os empreendimentos não se enquadram, no primeiro critério, portanto aplicadas às barragens não monitoradas pelo SNISB (barramentos levantados através de outras fontes como ANA) ou aquelas não classificadas (parte das barragens do SNISB não apresenta classificação) foram analisadas de acordo com as finalidades dos empreendimento, quanto às probabilidades de ruptura por galgamento, avaliando-se todas barragens como construídas e mantidas adequadamente, e aplicando a probabilidade de ruptura por meio dos processos deflagradores do galgamento, no caso chuvas de eventos extremos.

Assim, a probabilidade dos empreendimentos que constam classificados no SNISB, foi relacionada ao Risco diretamente à classe de prioridade, de maneira que a classe Muito Alta de probabilidade, não apresenta tal classe no risco segundo a Segurança de Barragem, e as barragens submetidas às análises de risco em geral, contam com algum tipo de verificação,

decidiu-se manter sua classificação qualitativamente igual, entre o risco e a probabilidade, assim nenhum desses empreendimentos apresentaram a classe de risco ou probabilidade muito alta, e nem muito baixa ou nula. A probabilidade de rompimento ou colapso de barragens considerando a classe do empreendimento (critério 2), foi realizada pela correlação das estruturas dos barramentos e a chuva TR necessária para que a vazão do curso d'água ultrapasse a capacidade do vazadouro, importante ponderar que em acordo com ENGECORPS (2012), não necessariamente a barragem deve romper por galgamento, em caso das vazões excederem e passarem por cima, embora nos casos de barragem de terra, seja o esperado. Estão, foram simuladas as probabilidades de ruptura por Galgamento, e nesse sentido, as categorias de barragens foram atribuídas através das estruturas necessárias para instalação dos empreendimentos, considerando o porte (volumes gerais dos reservatórios), dimensão (alturas e comprimentos de diques de contenção de reservatórios), e estrutura (resistência de estruturas construídas, de concreto de contenção ou de barramentos de solo).

Ainda em relação ao segundo critério, considerando esses fatores gerais das estruturas, associam-se os tempos de recorrência e as classes de probabilidades. Assim, foram estabelecidos tempos de recorrência de chuvas deflagradoras entre 100 anos e 10.000 anos, os quais foram divididos em cinco intervalos a serem atrelados às classes de probabilidade. Adotou-se, portanto, classes entre muito baixa e muito alta, onde:

(a) TR 0 a 100 anos = probabilidade muito alta, englobando necessariamente as barragens cujo inventário de eventos críticos ocorridos apresentados no relatório do Produto 2, do tipo usado para agricultura e aquicultura;

(b) 100 a 200 anos = probabilidade alta, englobando tipos relacionados a rupturas no inventário como o caso da cava de Jacareí rompida em 2016, mas admitindo-se nessa faixa barragens que não apresentem tantos cuidados de preservação e controle, como as do tipo recreação e paisagismo;

(c) 200 a 500 anos = probabilidade média, colocando as barragens de rejeito de maior porte, classe que apresentou ao menos 2 registros na bacia, em exemplos supracitados, além das categorias de abastecimento público e similares, que podem em alguns cenários ser de serviços autônomos de água e esgoto de cidades pequenas, não recebendo todos os cuidados necessários de manutenção e monitoramento em consonância com a política nacional;

- (d) 500 a 1000 anos = probabilidade baixa, neste foram incluídas as barragens para fins de aproveitamento hidrelétrico de pequeno porte, que em linhas gerais são fiscalizados e devidamente vistoriados, além das barragens construídas justamente para controle de inundação, que assim espera-se que o projeto tenha sido elaborado para eventos extremos;
- (e) 1000 a 10.000 anos = probabilidade muito baixa, para os empreendimentos hidrelétricos de médio e grande porte.

Quadro 9.2 – Relação de tipos de barramentos, chuva TR e probabilidade de ruptura ou colapso.

TR - Chuva Deflagradora	Tipo Empreendimento	Probabilidade	Prioridade (1-5)
500 anos	Abastecimento público	Médio	3
100 anos	Aquicultura	Muito Alto	5
1.000 anos	CGH (Central Geradora Hidrelétrica)	Baixo	2
500 anos	Contenção de rejeitos de mineração	Médio	3
500 anos	Contenção de resíduos industriais	Médio	3
1000 anos	Defesa contra inundações	Baixo	2
200 anos	Extração de Areia	Alto	4
10.000 anos	Hidrelétrica	Muito Baixo	1
500 anos	Industrial	Médio	3
200 anos	Irrigação	Alto	4
10000 anos	PCH (Pequenas Centrais Hidrelétricas)	Muito Baixo	1
200 anos	Paisagismo	Alto	4
500 anos	Proteção ambiental	Médio	3
100 anos	Recreação	Alto	4
500 anos	Regularização da vazão	Médio	3
500 anos	Reservatório/Barramento/Regularização de Vazão	Médio	3
10.000 anos	UHE (Usina hidrelétrica)	Muito Baixo	1

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

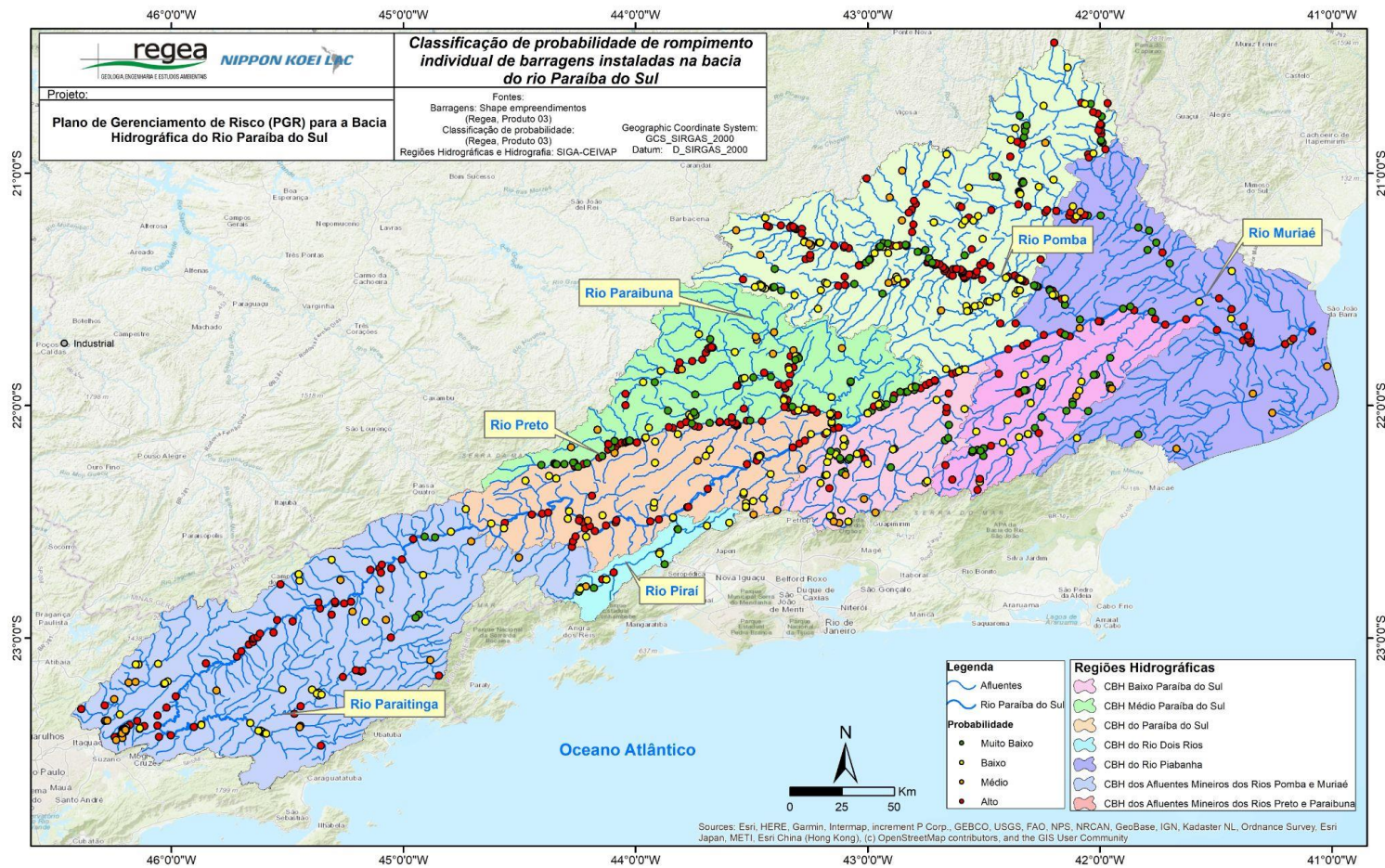


Figura 9.4 – Mapa de probabilidade de ocorrência de rompimento ou colapso individual de barragens na bacia do Rio Paraíba do Sul.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Em relação às barragens que não foram classificadas pelo SNISB, atribui-se a classificação quanto à probabilidade de ruptura por galgamento. As barragens hidrelétricas (PCHs – Pequenas Centrais Hidrelétricas e UHEs – Usinas Hidrelétricas) apresentam muito baixa probabilidade de rompimento, concentradas ao longo dos cursos d’água principais, no médio curso do rio Paraíba do Sul e de seus afluentes como os rios Negro, Grande, Muriaé, Pomba e Paraibuna. Ao mesmo tempo, as CGHs – Centrais Geradoras Hidrelétricas e estruturas contra inundações, que apresentam baixa probabilidade de rompimento, encontram-se dispersas, principalmente em afluentes menores do médio e baixo curso do Rio Paraíba do Sul.

Já as barragens de média probabilidade classificadas quanto a probabilidade de ruptura por galgamento, referem-se às de abastecimento público, contenção de rejeitos de mineração, contenção de resíduos industriais, uso industrial, proteção ambiental e reservatório/regulação da vazão. De modo geral, estão dispersas ao longo da bacia, sendo as estruturas de abastecimento público concentradas no Estado do Rio de Janeiro, enquanto as contenções de rejeito de mineração concentram-se no Estado de São Paulo no contexto de cabeceira da bacia. As barragens de extração de areia, irrigação, paisagismo e recreação apresentam alta probabilidade de rompimento. Destacam-se as estruturas de cava de areia que ocorrem em grande número e concentradas ao longo do Rio Paraíba do Sul e de seus afluentes (Rio Preto, Rio Paraibuna, Rio Muriaé e, principalmente o Rio Pomba). Por fim, os barramentos de aquicultura, pouco frequentes e dispersos, com probabilidades muito altas. Por fim, os barramentos de defesa contra inundação e uso industrial foram classificados pelo SNISB.

9.4 Rompimento ou colapso de barragens em cascata (COBRADE 2.4.2.0.0)

Uma vez que, o processo de galgamento foi escolhido para representar as probabilidades de ruptura de barragens, entende-se que o processo de uma vazão no curso d’água superar a capacidade do vazadouro da barragem, pode ocorrer pelas chuvas supramencionados, ou devido a ruptura de uma barragem de montante, assim a probabilidade de rompimento individual de barragens, a depender de sua categoria, acarreta na probabilidade de rompimento em cascata, ou seja, quando um rompimento ocasiona outros a jusante. Assim, para tal análise, volta-se a atenção aos barramentos de menor complexidade estrutural. Neste

caso, não foram analisados os barramentos de aproveitamento hidrelétrico e trabalha-se na probabilidade de rompimento em cascata do restante.

Os barramentos menores distribuem-se preferencialmente nos afluentes de menor ordem de Straus, sendo assim, encontram-se em sua maioria concentrados, destacando-se as barragens de extração de areia como os barramentos mais frequentemente presentes em um mesmo curso d'água.

Considera-se então a distribuição desses barramentos em um mesmo canal, tendo como limite a confluência. Na análise de probabilidade considerou-se um limite de distância entre os empreendimentos, por meio de um raio de influência (buffer) de 3 Km (distância aferida como distanciamento frequente entre empreendimentos presentes em um mesmo canal), utilizado para o reconhecimento e classificação dos empreendimentos presentes em uma mesma drenagem.

A probabilidade inicial para esta análise é a probabilidade de rompimento individual, atribuída no (Quadro 9.2). A partir dela, quando tem-se um agrupamento de barragens de menor complexidade no mesmo curso, conseqüentemente sujeitos a rompimento em cascata, haverá incremento de um nível de classificação, individualmente por empreendimento, ou seja, o incremento não é influenciado pela quantidade de barragens no mesmo curso, a partir de uma somatória de valores, e sim, por uma análise qualitativa. Desta forma, considera-se, primeiramente, a distribuição das barragens e as localizadas à jusante terão incremento em sua classificação. Por outro lado, barramentos isolados ou aqueles a montante não são classificados quanto ao rompimento em cascata. Com isso, um barramento a jusante com classificação inicial de probabilidade baixa, neste contexto, terá sua probabilidade elevada para média e, assim ocorrerá o mesmo incremento aos barramentos a jusante do mesmo, como representa a Figura 9.5. A classificação e distribuição da probabilidade de rompimento das barragens em cascata na Bacia do Rio Paraíba do Sul são exibidas a seguir (Figura 9.5).

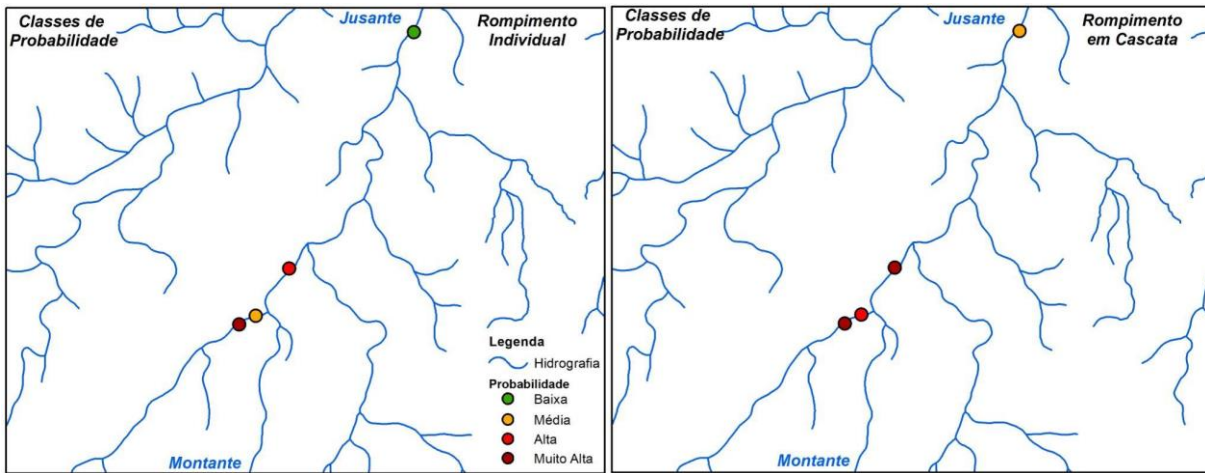


Figura 9.5 – Ilustração da alteração de probabilidade em cenário de rompimento em cascata.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

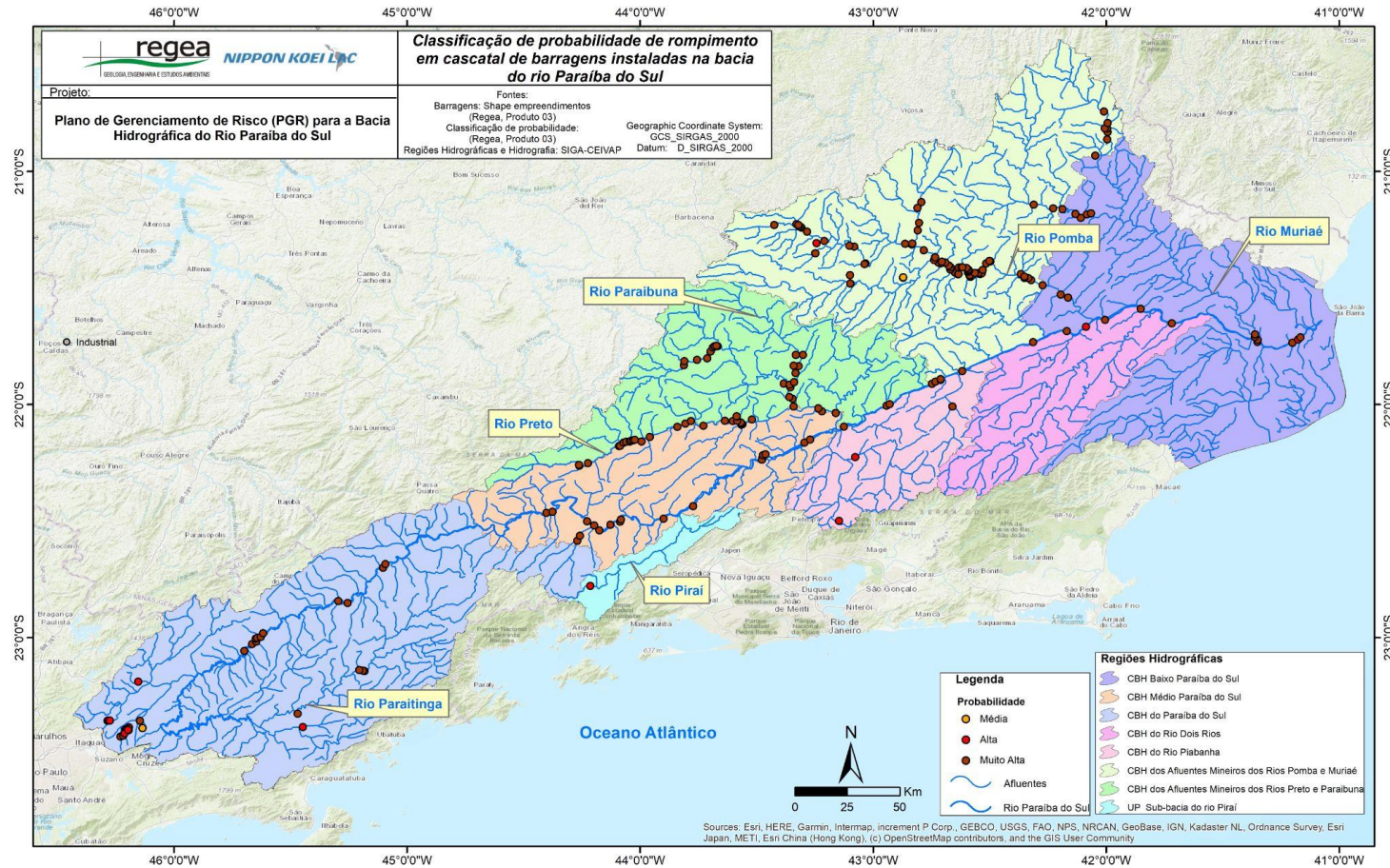


Figura 9.6 – Mapa de probabilidade de ocorrência de rompimento ou colapso de barragens em cascata na bacia do Rio Paraíba do Sul.
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Após a análise da distribuição das barragens menores (aquelas sem aproveitamento hidrelétrico, que representam 407 do total de 840 barragens) em relação às drenagens, foram identificadas 224 estruturas com probabilidade de deflagração do processo em cascata. Os empreendimentos que estão sujeitos a probabilidade de rompimento em cascata são aqueles que localizam-se a jusante de outro empreendimento pertencente às seguintes categorias: aquicultura, contenção de rejeitos de mineração, extração de areia, paisagismo, recreação e reservatório/regulação de vazão.

Destacam-se as barragens de contenção de rejeitos de mineração e de extração de areia, pela maior frequência e concentração em um mesmo canal. As estruturas de contenção de rejeitos ocorrem principalmente nos CBHs Paraíba do Sul e dos Rios Pomba e Muriaé, dispostas no alto curso de drenagens de menor ordem. A concentração está relacionada a minerações com múltiplas barragens, sendo assim estão agrupadas e sujeitas a probabilidade alta e muito alta de colapso em cascata em 17 do total de 30 barragens. Quanto às barragens de extração de areia, 195 dos 318 barramentos estão sujeitos a probabilidade muito alta de rompimento em cascata, devido à proximidade (distâncias frequentemente inferiores a 3 Km) e disposição ao longo das drenagens de maior ordem, principalmente nos rios Paraíba do Sul (médio e baixo curso), Preto, Paraibuna e Pomba.

10 CLASSIFICAÇÃO DE PROBABILIDADE DE EVENTOS CRÍTICOS

O presente capítulo tem por objetivo a síntese de probabilidades por CBH, a fim de relacioná-las com a vulnerabilidade de cada região hidrográfica em ser afetada por eventos críticos, refletindo no desabastecimento da população. Ademais, a análise de probabilidades apresentada neste produto será agregada ao dimensionamento de impactos e, futuramente, aos riscos. Os eventos críticos aqui em análise referem-se aos que foram identificados e validados no Produto 02 e também descritos nos capítulos anteriores.

As probabilidades foram classificadas em cinco classes, de acordo com o Quadro 10.1 que, além de apresentar um maior detalhamento nos resultados, prevê sua quantificação futura, de forma a possibilitar um melhor entendimento e definição de riscos.

Quadro 10.1 – Modelo de classificação de probabilidade de ocorrência de eventos.

Probabilidade (P)		
Escala	Análise Quantitativa	
	Probabilidade de Ocorrência	Frequência Esperada
1. Muito baixa	Evento pode ocorrer em circunstâncias excepcionais	< 10%
2. Baixa	Evento pode ocorrer em algum momento	$10\% \leq P < 30\%$
3. Média	Evento deve ocorrer em algum momento	$30\% \leq P < 50\%$
4. Alta	Evento provavelmente ocorrerá	$50\% \leq P < 90\%$
5. Muito Alta	Evento é esperado que ocorrerá	$90\% \leq P$

Fonte: Modificado de MPDG (2017).

Os fatores de acidentes naturais e tecnológicos, que interferem de modo negativo na qualidade da água e no abastecimento público, foram analisados por meio da classificação de probabilidade das ottobacias nos respectivos CBHs, exceto o fator de rompimento de barragens (individual ou em cascata), avaliados pontualmente em cada CBH, dado ao fato de o mesmo ser apresentado de forma pontual.

O objetivo de tal análise é demonstrar o panorama geral de cada região hidrográfica, onde será possível indicar o acidente, seja ele natural ou tecnológico, que deixa a região mais vulnerável. Assim, a quantidade de ottobacias por classes será apresentada em porcentagem

para avaliar os fatores de maior urgência. A análise, a seguir, será apresentada seguindo uma ordem por Estado, sendo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo.

O CBH do Baixo Paraíba do Sul destaca-se das outras regiões devido a probabilidade de ocorrência de intrusão salina, na região de foz da bacia entre os municípios de Campos dos Goytacazes, São João da Barra e São Francisco de Itabapoana. Para os acidentes naturais (Quadro 10.2), destaca-se a seca, com maior percentagem de Muito Alta, com 98,35%. Já para os acidentes tecnológicos (Quadro 10.3), destaca-se a probabilidade de rompimento de barragens, individual e em cascata, tendo, respectivamente, 44,26% de probabilidade Alta e 24,59% de probabilidade Muito Alta. Por fim, dentre as classes prioritárias de análise (média, alta e muito alta) e em termos gerais de acidentes, há predomínio de probabilidades Muito Alta em acidentes naturais, com 49,27% das ottobacias presentes no CBH.

Quadro 10.2 – Síntese das probabilidades de acidentes naturais, por % de ottobacias, para o CBH Baixo Paraíba do Sul

CBH	Classe	Seca	Cheia	Deslizamentos	Corridas de massa	Intrusão Salina	Média (%)
Baixo Paraíba do Sul	Nula	-	-	-	-	99,1%	99,1%
	Muito Baixa	-	-	-	-	-	-
	Baixa	-	-	22,48%	99,82%	0,30%	40,87%
	Média	-	77,38%	13,67%	-	0,15%	30,4%
	Alta	1,65%	22,62%	63,85%	0,18%	0,27%	17,71%
	Muito Alta	98,35%	-	-	-	0,18%	49,27%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Quadro 10.3 – Síntese das probabilidades de acidentes tecnológicos, por % de ottobacias, para o CBH Baixo Paraíba do Sul.

CBH	Classe	Contaminação por produtos químicos	Rompimento de barragens	Rompimento em Cascata	Média (%)
Baixo Paraíba do Sul	Nula	-	-	72,13%	72,13%
	Muito Baixa	82,34%	24,6%	-	53,47%
	Baixa	13,16%	18,03%	-	15,6%
	Média	3,17%	13,11%	-	8,14%
	Alta	0,96%	44,26%	3,28%	16,17%
	Muito Alta	0,37%	-	24,59%	12,48%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

O CBH do Rio Dois Rios apresenta destaque, para os acidentes naturais (Quadro 10.4), de cheias com predominância de classe Média (91,1%) e, enfatizam-se ainda processos de seca com predominância de classe Muito Alta (61,78%). Já para os acidentes tecnológicos (Quadro 10.5) de rompimento de barragem individual, com a classe Alta (23,21%). Por fim, dentre as classes prioritárias de análise (média, alta e muito alta) e em termos gerais de acidentes, há predomínio de probabilidades de classe Média em acidentes naturais, com 49,62% das ottobacias presentes no CBH.

Quadro 10.4 – Síntese das probabilidades de acidentes naturais, por % de ottobacias, para o CBH do Rio Dois Rios

CBH	Classe	Seca	Cheia	Deslizamentos	Corridas de massa	Intrusão Salina	Média (%)
Rio Dois Rios	Nula	-	-	-	-	100%	100%

CBH	Classe	Seca	Cheia	Deslizamentos	Corridas de massa	Intrusão Salina	Média (%)
	Muito Baixa	-	-	-	-	-	-
	Baixa	-	0,68%	4,41%	99,83%	-	34,97%
	Média	-	91,1%	8,14%	-	-	49,62%
	Alta	38,22%	8,14%	87,45%	0,17%	-	33,5%
	Muito Alta	61,78%	0,08%	-	-	-	30,93%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Quadro 10.5 – Síntese das probabilidades de acidentes tecnológicos, por % de otobacias, para o CBH Rio Dois Rios

CBH	Classe	Contaminação por produtos químicos	Rompimento de barragens	Rompimento em Cascata	Média (%)
Rio Dois Rios	Nula	-	-	96,42%	96,42%
	Muito Baixa	81,95%	42,86%	-	62,41%
	Baixa	10,34%	30,35%	-	20,35%
	Média	5,42%	3,58%	-	4,5%
	Alta	2,12%	23,21%	-	12,67%
	Muito Alta	0,17%	-	3,58%	1,88%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

O CBH do Rio Piabanha apresenta destaque, para os acidentes naturais (Quadro 10.6), de deslizamentos com predominância da classe Alta (94,19%), devido à grande suscetibilidade da região serrana a esse tipo de processo. Para acidentes tecnológicos (Quadro 10.7) o que fica mais em evidência é rompimento de barragens individual, com predominância da classe Alta (18,75%). Por fim, dentre as classes prioritárias de análise (média, alta e muito alta) e em termos gerais de acidentes, há predomínio de probabilidades de classe Alta em acidentes naturais, com 32,33% das ottobacias presentes no CBH.

Quadro 10.6 – Síntese das probabilidades de acidentes naturais, por % de ottobacias, para o CBH do Rio Piabanha

CBH	Classe	Seca	Cheia	Deslizamentos	Corridas de massa	Intrusão Salina	Média (%)
Rio Piabanha	Nula	-	-	-	-	100%	100%
	Muito Baixa	-	-	-	-	-	-
	Baixa	-	42,44%	2,09%	99,3%	-	47,94%
	Média	28,95%	30%	1,63%	-	-	20,19%
	Alta	23,72%	10,7%	94,19%	0,7%	-	32,33%
	Muito Alta	47,33%	16,86%	2,09%	-	-	22,09%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Quadro 10.7 – Síntese das probabilidades de acidentes tecnológicos, por % de ottobacias, para o CBH do Rio Piabanha

CBH	Classe	Contaminação por produtos químicos	Rompimento de barragens	Rompimento em Cascata	Média (%)
Rio Piabanha	Nula	-	-	89,02%	89,02%

CBH	Classe	Contaminação por produtos químicos	Rompimento de barragens	Rompimento em Cascata	Média (%)
	Muito Baixa	73,26%	31,25%	-	52,26%
	Baixa	12,44%	35,94%	-	24,19%
	Média	7,44%	14,06%	-	10,75%
	Alta	5,58%	18,75%	3,15%	9,16%
	Muito Alta	1,28%	-	7,83%	4,56%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

A UP Sub-bacia do Rio Pirá apresenta destaque, para os acidentes naturais (Quadro 10.8), de seca com predominância da classe Alta (100%). Para acidentes tecnológicos (Quadro 10.9) o que fica mais em evidência é rompimento de barragens individual, com predominância das classes Média e Alta, com apenas 10%. Por fim, dentre as classes prioritárias de análise (média, alta e muito alta) e em termos gerais de acidentes, há predomínio de probabilidades de classe Alta em acidentes naturais, com 92,67% das ottobacias presentes no CBH.

Quadro 10.8 – Síntese das probabilidades de acidentes naturais, por % de ottobacias, para UP Sub-bacia do Rio Pirá

CBH	Classe	Seca	Cheia	Deslizamentos	Corridas de massa	Intrusão Salina	Média (%)
UP Sub-bacia do Rio Pirá	Nula	-	-	-	-	100%	100%
	Muito Baixa	-	-	-	-	-	-
	Baixa	-	8,89%	4,89%	100%	-	37,93%

CBH	Classe	Seca	Cheia	Deslizamentos	Corridas de massa	Intrusão Salina	Média (%)
	Média	-	24,89%	7,56%	-	-	16,23%
	Alta	100%	-	85,33%	-	-	92,67%
	Muito Alta	-	66,22%	2,22%	-	-	34,22%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Quadro 10.9 – Síntese das probabilidades de acidentes tecnológicos, por % de otobacias, para UP Sub-bacia do Rio Pirai

CBH	Classe	Contaminação por produtos químicos	Rompimento de barragens	Rompimento em Cascata	Média (%)
UP Sub-bacia do Rio Pirai	Nula	-	-	95%	95%
	Muito Baixa	75,11%	30%	-	52,56%
	Baixa	15,55%	50%	-	32,78%
	Média	6,22%	10%	-	8,11%
	Alta	3,12%	10%	5%	6,04%
	Muito Alta	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

O CBH do Médio Paraíba do Sul apresenta destaque, para os acidentes naturais (Quadro 10.10), de deslizamentos com predominância da classe Alta (68,07%). Para acidentes tecnológicos (Quadro 10.11) o que fica mais em evidência é o rompimento de barragens individual, com predominância da classe Alta, com 50,48%. Por fim, dentre as classes prioritárias de análise (média, alta e muito alta) e em termos gerais de acidentes, há

predomínio de probabilidades de classe Alta em acidentes naturais, com 39,93% das ottobacias presentes no CBH.

Quadro 10.10 – Síntese das probabilidades de acidentes naturais, por % de ottobacias, para o CBH Médio Paraíba do Sul

CBH	Classe	Seca	Cheia	Deslizamentos	Corridas de massa	Intrusão Salina	Média (%)
Médio Paraíba do Sul	Nula	-	-	-	-	100%	100%
	Muito Baixa	-	-	-	-	-	-
	Baixa	-	41,88 %	18,48%	100%	-	53,45%
	Média	4,01%	32,34 %	13,35%	-	-	16,57%
	Alta	48,22%	3,50%	68,07%	-	-	39,93%
	Muito Alta	47,77%	22,28 %	0,1%	-	-	23,38%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Quadro 10.11 – Síntese das probabilidades de acidentes tecnológicos, por % de ottobacias, para o CBH Médio Paraíba do Sul.

CBH	Classe	Contaminação por produtos químicos	Rompimento de barragens	Rompimento em Cascata	Média (%)
Médio Paraíba do Sul	Nula	-	-	67,96%	67,96%
	Muito Baixa	78,68%	7,77%	-	43,23%
	Baixa	13,15%	35,92%	-	24,54%

CBH	Classe	Contaminação por produtos químicos	Rompimento de barragens	Rompimento em Cascata	Média (%)
	Média	5,63%	5,83%	-	5,73%
	Alta	2,13%	50,48%	-	26,31%
	Muito Alta	0,41%	-	32,04%	16,23%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

No CBH do Rios Pomba e Muriaé evidencia-se nos acidentes naturais (Quadro 10.12), os processos de cheia com predominância da classe Alta (88,52%). Importante destacar também os processos de seca com predominância da classe Muito Alta (67,94%). Assim, ambos os processos de cheias e secas apresentam elevadas probabilidades. Quanto aos acidentes tecnológicos (Quadro 10.13) destaca-se o rompimento de barragens individual, com predominância da classe Alta (50,56%). Por fim, dentre as classes prioritárias de análise (média, alta e muito alta) e em termos gerais de acidentes, há predomínio de probabilidades de classe Alta em acidentes naturais, com 39,86% das otobacias presentes no CBH.

Quadro 10.12 – Síntese das probabilidades de acidentes naturais, por % de otobacias, para o CBH dos afluentes mineiros dos rios Pomba e Muriaé

CBH	Classe	Seca	Cheia	Deslizamentos	Corridas de massa	Intrusão Salina	Média (%)
rios Pomba e Muriaé	Nula	-	-	10,51%	-	100%	55,26%
	Muito Baixa	-	-	-	-	-	-
	Baixa	-	3,83%	7,31%	97%	-	36,05%
	Média	10,74 %	7,65%	35,5%	-	-	17,96%
	Alta	21,32 %	88,52%	46,6%	3%	-	39,86%

CBH	Classe	Seca	Cheia	Deslizamentos	Corridas de massa	Intrusão Salina	Média (%)
	Muito Alta	67,94 %	-	0,08%	-	-	34,01%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Quadro 10.13 – Síntese das probabilidades de acidentes tecnológicos, por % de ottobacias, para o CBH dos afluentes mineiros dos rios Pomba e Muriaé

CBH	Classe	Contaminação por produtos químicos	Rompimento de barragens	Rompimento em Cascata	Média (%)
rios Pomba e Muriaé	Nula	-	-	66,17%	66,17%
	Muito Baixa	87,99%	17,47%	-	52,73%
	Baixa	8,92%	25,65%	-	17,29%
	Média	2,23%	6,32%	0,74%	3,1%
	Alta	0,82%	50,56%	0,74%	17,37%
	Muito Alta	0,04%	-	32,35%	16,2%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

O CBH dos afluentes mineiros dos rios Preto e Paraibuna apresenta destaque, para os acidentes naturais (Quadro 10.14), de seca com predominância da classe Muito Alta (72,95%). Para acidentes tecnológicos (Quadro 10.15) o que fica mais em evidência é o rompimento de barragens individual, com predominância da classe Alta, com 40,58%. Por fim, dentre as classes prioritárias de análise (média, alta e muito alta) e em termos gerais de acidentes, há predomínio de probabilidades de classe Muito Alta em acidentes naturais, com 25,73% das ottobacias presentes no CBH.

Quadro 10.14 – Síntese das probabilidades de acidentes naturais, por % de ottobacias, para o CBH dos afluentes mineiros dos rios Preto e Paraibuna

CBH	Classe	Seca	Cheia	Deslizamentos	Corridas de massa	Intrusão Salina	Média (%)
rios Preto e Paraibuna	Nula	-	-	2,08%	-	100%	51,04%
	Muito Baixa	-	-	-	-	-	-
	Baixa	-	67%	5,96%	99,97%	-	57,64%
	Média	2,30%	22,67%	26,45%	-	-	17,14%
	Alta	24,75 %	6,12%	65,46%	0,03%	-	24,09%
	Muito Alta	72,95 %	4,21%	0,05%	-	-	25,73%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Quadro 10.15 – Síntese das probabilidades de acidentes tecnológicos, por % de ottobacias, para o CBH dos afluentes mineiros dos rios Preto e Paraibuna.

CBH	Classe	Contaminação por produtos químicos	Rompimento de barragens	Rompimento em Cascata	Média (%)
rios Preto e Paraibuna	Nula	-	-	71,74%	71,74%
	Muito Baixa	84,60%	28,26%	-	56,43%
	Baixa	9,47%	23,19%	-	16,33%
	Média	3,95%	7,97%	-	5,96%

CBH	Classe	Contaminação por produtos químicos	Rompimento de barragens	Rompimento em Cascata	Média (%)
	Alta	1,97%	40,58%	-	21,28%
	Muito Alta	0,01%	-	28,26%	14,14%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Por fim, o CBH do Paraíba do Sul quanto aos acidentes naturais (Quadro 10.16), destaca-se a probabilidade de eventos da ocorrência de eventos de seca, com maior porcentagem de classe muito alta (66,07%). Além de eventos de cheia com frequentes probabilidades altas (54,7%), ambos os fenômenos ocorrem nas proximidades do curso principal da bacia. Já para os acidentes tecnológicos (Quadro 10.17), destaca-se a probabilidade de rompimento de barragens, individual com 43,75% de probabilidade alta. Por fim, dentre as classes prioritárias de análise (média, alta e muito alta) e em termos gerais de acidentes, há predomínio de probabilidades de classe Muito Altas com 33,35% das ottobacias presentes no CBH.

Quadro 10.16 – Síntese das probabilidades de acidentes naturais, por % de ottobacias, para o CBH do Paraíba do Sul.

CBH	Classe	Seca	Cheia	Deslizamentos	Corridas de massa	Intrusão Salina	Média (%)
Paraíba do Sul	Nula	-	-	0,7%	-	100%	50,35%
	Muito Baixa	-	-	-	-	-	-
	Baixa	-	-	36,53%	99,97%	-	68,25%
	Média	14,4%	45,3%	3,52%	-	-	21,07%
	Alta	19,53 %	54,7%	58,63%	0,03%	-	33,22%

CBH	Classe	Seca	Cheia	Deslizamentos	Corridas de massa	Intrusão Salina	Média (%)
	Muito Alta	66,07 %	-	0,62%	-	-	33,35%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Quadro 10.17 – Síntese das probabilidades de acidentes tecnológicos, por % de ottobacias, para o CBH do Paraíba do Sul

CBH	Classe	Contaminação por produtos químicos	Rompimento de barragens	Rompimento em Cascata	Média (%)
Paraíba do Sul	Nula	-	-	73,44%	73,44%
	Muito Baixa	85,78%	3,13%	-	44,45%
	Baixa	7,42%	25%	-	16,21%
	Média	4,57%	28,12%	1,56%	11,42%
	Alta	1,88%	43,75%	10,94%	18,86%
	Muito Alta	0,35%	-	14,06%	7,21%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Portanto, considerando as maiores porcentagens de probabilidades para os diferentes fatores indicou-se os eventos mais prováveis para cada CBH, sendo, os processos de seca e cheia os principais dentre os acidentes naturais e o rompimento individual dentre os acidentes tecnológicos.

11 REUNIÃO DE DISCUSSÃO COM A GTPGR

A reunião de apresentação e discussão deste produto com o Grupo de Trabalho para Acompanhamento da Elaboração do Plano de Gerenciamento de Risco da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul ocorreu no dia 30/06/2021, às 14h, em ambiente virtual, contando com a presença de membros do GT e convidados: Marina Assis (AGEVAP), Daiane Santos (AGEVAP), Adão Modesto (Consórcio), Camila Bertaglia Carou (Consórcio), Fernando Alves (Consórcio), Jaime Gomes (Consórcio), Leonardo Mitre (Consórcio), Saulo Aires de Souza (ANA), Marcos Pufal (ANA), Heitor Moreira (IGAM), João Siqueira (CBH BPSI), Sandra Pinheiro (INEA), Renato Veneziani (CBH PS), Sônia Santos de Aquino (CETESB), Tenente Coronel Luciano Melo (REDEC Sul), Aline Alvarenga, Diana Rocco Albernaz, Julio Cesar da Silva Ferreira e Raíssa Galdino.

Durante a reunião, alguns comentários e sugestões de aprofundamentos foram apresentados, ressaltando:

(a) Destaque nos mapas e texto para a diferença de escala entre ottobacias de níveis 6 e 7 sendo, para CBH do Baixo Paraíba do Sul e o restante da área, respectivamente: os mapas foram atualizados, realçando a área de ottobacias nível 6, para que a interpretação de manchas de probabilidade não fosse influenciada pela diferença de tamanho em relação ao restante da bacia, além de que tal fato foi explicitado no texto;

(b) Uso de mapas de isoietas para análise de seca, cheia e movimentos de massa: a sugestão foi acatada, contudo, de maneiras diferenciadas. Para cheia e seca o dado de precipitação média anual foi englobado na análise de probabilidade. Já para movimentos de massa, o mesmo serviu de respaldo para análise das aglomerações de ocorrências, mas a probabilidade continuou sendo definida por meio de chuva TR;

(c) Revisão da probabilidade de cheia e seca: foi solicitado o uso de informações de precipitação para as análises de cheias extremas e a consideração de informações sobre as transposições existentes na bacia, tendo sido devidamente atendido.

(d) Atualização da suscetibilidade a intrusão salina por meio de uma modelagem mais recente e inclusão de dados sobre o fechamento da foz em Atafona: A revisão da suscetibilidade não foi possível, pois não há disponível algum estudo mais recente sobre o

avanço da cunha salina no Rio Paraíba do Sul, mantendo-se, então, o estudo oficial realizado em 2013. Por outro lado, foram acrescentados dados e análises referentes ao fechamento da foz em Atafona e seus prejuízos à cidade de São João da Barra.; e

(e) Revisão da base de barragens: este foi o tópico com maiores alterações entre as versões 1 e 2 do presente produto. Para tal, buscou-se novas bases de dados, bem como atualizações de bases utilizadas, a fim de uma maior acurácia na análise de probabilidade, bem como na espacialização de tais empreendimentos.

Após a reunião, foi estipulada a data de 12/07/2021 para envio de novas sugestões. Contudo, não houveram novas contribuições a serem consideradas para este Produto, além daquelas expostas durante a própria reunião.

12 CONSIDERAÇÕES FINAIS E DIRETRIZES PARA O PRODUTO 4

Conforme exposto anteriormente, este relatório trata do terceiro 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 como objetivo principal avaliar as probabilidades de ocorrência dos eventos, sendo: cheias, secas, movimentos de massa, intrusão salina, derramamento de produtos químicos em recursos hídricos, derramamento de produtos químicos transportados por rodovias em recursos hídricos, derramamento de produtos químicos transportados por ferrovias em recursos hídricos, derramamento de produtos químicos transportados por dutos em recursos hídricos, incêndios em plantas e distritos industriais, parques e depósitos e rompimento ou colapso de barragens.

Para isso, recorreu-se a dados primários e secundários de suscetibilidade, estatísticas nacionais e internacionais de ocorrências de acidentes tecnológicos, modelagens matemáticas, definição de *score* por tipo de acidente e, por fim, atribuição de probabilidade de ocorrência atrelada às otobacias nível 7. Como resultado, tem-se dados de probabilidade espacializados e apresentados em forma de mapas, possibilitando uma interpretação dos trechos de cada sub-bacia mais suscetíveis à ocorrência de cada tipologia de evento crítico natural ou tecnológico.

O próximo produto terá o objetivo de analisar os eventos potenciais na bacia com o viés de classificar os impactos possíveis de ocorrer, segundo definição semelhante de classes, em

cinco diferentes níveis. Dessa forma, a diretriz básica para o próximo produto é que deverá apresentar classificação para as mesmas tipologias de eventos e também considerando cinco diferentes classes. Com isso, será possível integrar os valores obtidos no produto seguinte, em uma matriz 5x5 de forma a identificar os riscos para cada tipologia de evento e, além disso, integrar para a totalidade da bacia.

13 EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Cargo/Função	Conselho de Classe
Oswaldo Yujiro Iwasa	Coordenador Geral	CREA SP n° 0600518079
Leonardo Mitre Alvim de Castro	Especialista em Análise de Risco	CREA MG n° 70.992/D
Carlos Frederico de Castro Alves	Especialista em Meio Ambiente	CREA SP n° 5060824529
Valter Rossi Junior	Auxiliar Administrativo	CRA SP n° 045893
Jaime Federici Gomes	Especialista em Modelagem Matemática	CREA MG n° 72.016/D
Marcelo Ling Tosta da Silva	Especialista em Economia	CORECON PR n° 8.013
Jana Alexandra Oliveira da Silva	Especialista em Ciências Sociais	CTF IBAMA 2934379
Mariana Guarnier Fagundes	Especialista em Geoprocessamento	CREA SP n° 5062821457
Adão A. Modesto Lanzieri	Especialista em Geoprocessamento	CREA SP n° 5062571782
Fernando Machado Alves	Especialista em Gestão de Risco de Desastres Naturais	CREA SP n° 5062119280
Camila Bertaglia Carou	Geógrafa, MSc	CREA SP n° 5070223575
Guilherme Nunes Fernandez	Geólogo, MSc	CREA SP n° 5069082361
Mario Rubens Gomes Santos	Geólogo	CREA SP n° 507062853
Roberto Sussumu Kurokawa	Engenheiro Agrônomo	CREA 06004946-23/D
Ledice Kesiane Pestana Moraes	Engenheira Ambiental	CREA 305.721/D-TO

14 REFERÊNCIAS

ABNT-NBR ISO 31.000:2009 - **Gestão de riscos** — Princípios e diretrizes.

AGEVAP - Agência da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Rio **Guandu**. Disponível em: < <http://www.comiteguandu.org.br/rio-guandu.php> > Acesso em junho de 2021.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Outorgas estaduais**. 2017. Disponível em: < <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiMjY0ZDQxNjAtNDNINS00NGM4LWlXNzgtZDZhNmI0MWRhYWFKliwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItdmI0NDY5YS04YjRkLTY2N2ZjZDFiYWY4OCJ9> > Acesso em junho de 2021

ANA - Agência Nacional de Águas. **Outorgas federais**. 2021. Disponível em: < <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiMjY0ZDQxNjAtNDNINS00NGM4LWlXNzgtZDZhNmI0MWRhYWFKliwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItdmI0NDY5YS04YjRkLTY2N2ZjZDFiYWY4OCJ9> > Acesso em maio/junho de 2021

ALENCAR, Emanuel. **Galpão de empresa estoca 4 milhões de litros de produtos inflamáveis em Resende, no Rio**. O ECO. 6 de agosto de 2020. Disponível em: < <https://www.oeco.org.br/reportagens/galpao-de-empresa-estoca-4-milhoes-de-litros-de-produtos-inflamaveis-em-resende-no-rio/> >

ALVES, R. C. R.; VIDAL, J.C. F.; SANTOS, I. R. M.; PEREIRA, J. A. A.; SANTOS, A.; LA TERRA, E. F. **Estudos do avanço e recuo de intrusão salina correlacionados à sazonalidade através do uso de Tomografia de Resistividade Elétrica e GPR - Grumari - RJ**. Sixteenth International Congress of the Brazilian Geophysical Society. SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica. Rio de Janeiro, 2019.

BRASIL. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Ministério das Cidades; IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Organizadores: Celso Carvalho, Eduardo Soares de Macedo, Agostinho Tadashi Ogura. Brasília. 2007.

CABRAL, J. J. S. P. **Intrusão salina em aquíferos costeiros: uma análise pelo método de elementos de contorno**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 1985.

CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Disponível em: < <https://www.gov.br/mcti/pt-br/rede-mcti/cemaden/> > Acesso em: 13/05/2021

CERRI, L.E.S. **Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para prevenção de acidentes.** Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, p. 197. 1993.

COPPETEC, Fundação. **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro, R7 – Relatório Diagnóstico.** - Laboratório de Hidrogeologia e Estudos de Meio Ambiente. Instituto Estadual do Ambiente (Inea), Rio de Janeiro - RJ. p. 378. 2014.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro.** Projeto Rio de Janeiro. 2000.

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral. **Produção de zinco afeta ambiente em Juiz de Fora (MG) e não melhora condições sociais.** CETEM. 16 de outubro de 2012. Disponível em: < <http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/ExibeVerbetes.aspx?verid=145> >

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (a). **Tabelas Síntese do Licenciamento.** Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/tabelas/> >

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

DIÁRIO DO PORTO. **CSN é acusada de poluir rio Paraíba do Sul, no RJ.** Diário do Porto. 30 de setembro de 2019. Disponível em: < <https://diariodoporto.com.br/csn-e-acusada-de-poluir-rio-paraiba-do-sul-no-rj/> >

EM-DAT - The Georeferenced Emergency Events Database. EM-DAT, CRED / UCLouvain, Brussels, Belgium. Disponível em: < www.emdat.be > Acesso em: 15/05/2021

eMARS - The Major Accident Reporting System. **Sistema de Registro de Acidentes Ambientais da Comissão Europeia.** Disponível em: < <https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/search> > Acesso em 14/05/2021

G1. **Vazamento de óleo diesel interrompe abastecimento de água no Sul do RJ.** G1 Sul do Rio e Costa Verde. 07 maio de 2013. Disponível em: < <http://g1.globo.com/rj/sul-do-rio->

costa-verde/noticia/2013/05/vazamento-de-oleo-diesel-interrompe-abastecimento-de-agua-no-sul-do-rj.html >

GÓES, Paula. Brasil: **Vazamento de pesticida mata 80 ton de peixes no RJ**. Global Voices. 10 Dezembro, 2008. Disponível em: < <https://pt.globalvoices.org/2008/12/10/brasil-vazamento-de-pesticida-mata-80-ton-de-peixes-no-rj/> >

GOMES, Thiago. **Mudança da foz retrata problemas enfrentados pelo Paraíba há décadas**. Jornal Online Terceira Via. 12 de janeiro de 2020. Disponível em: < <https://www.jornalterceiravia.com.br/2020/01/12/mudanca-da-foz-retrata-problemas-enfrentados-pelo-paraiba-ha-decadas/> > Acesso em: 12/07/2021

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatório Acidentes Ambientais 2008**. Autora Vivyanne Graça de Melo. Brasília, Maio de 2009.

IG - Instituto Geológico. **Atendimento emergencial - Relatório de vistoria técnica**: Jacareí, 06/02/2016.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. **Avaliação ambiental do rio Paraíba do Sul Trecho Funil - Santa Cecília**. Autores: José Roberto de Souza Araújo, Wilson Oliveira Ribeiro de Moura e Michel Bastos Silva. Rio de Janeiro, novembro de 2012.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro. R3-B - Temas Técnicos Estratégicos. RT-07 - Estudos de Avaliação da Intrusão Salina**. Elaboração: Fundação COPPETEC Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente. Revisão 01. Rio de Janeiro, fevereiro de 2013.

IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e CPRM - Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações**. São Paulo: IPT e CPRM. 2014. Escala 1:25.000

LUCENA, Felipe. **Montanha de lixo químico ameaça abastecimento de água do Rio de Janeiro**. Diário do Rio. 17 de outubro de 2019. Disponível em: < <https://diariodorio.com/montanha-de-lixo-quimico-ameaca-abastecimento-de-agua-do-rio-de-janeiro/> >

NUNES, C. R. O.; PRÉ, H. L. S.; MENEZES, G. G.; OLIVEIRA, V. P. S.; ARAÚJO, T. M. R. **Interferência da vazão na concentração de íons próximo à foz do rio Paraíba do Sul, RJ.** XXIII SBRH - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ISSN 2318-0358. Foz do Iguaçu. 2019.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M. **Tendências hidrológicas da bacia do rio Paraíba do Sul.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.20, n.2, 215-226, 2005.

MESQUITA, João Lara. **Atafona (RJ), tragada pelo mar, e o rio Paraíba do Sul.** Mar sem fim. 27 de outubro de 2020. Disponível em: < <https://marsemfim.com.br/atafona-tragada-pelo-mar-e-o-rio-paraiba-do-sul/> > Acesso em: 08/07/2021.

MONTEIRO, Suzy. **Ameaça ao Paraíba só aumenta.** Oikos Agroecologia. Disponível em: < <http://institutooikos.org.br/Ameaca-ao-Paraiba-so-aumenta.html> > Acesso em 14/07/2021

MPDG - Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. **Matriz de probabilidade de ocorrência de um evento.** Disponível em <http://www.planejamento.gov.br/assuntos/gestao/control-interno/matriz-de-riscos>. Acesso em janeiro/2020. 2017.

PROFILL. **Consolidação do plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (PIRH-PS).** Relatório Técnico. Revisão 03. Março de 2020.

PROFILL. **Consolidação do plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (PIRH-PS) - Fase III -** Relatório Técnico. Revisão 0. Maio de 2021.

RODRIGUES, Isis. **Fechamento da foz do Rio Paraíba do Sul, em Atafona, São João da Barra.** Portal OZK. 31 de outubro de 2019. Disponível em: < <https://www.portalozk.com/vaf/noticias/cidades/fechamento-da-foz-do-rio-paraiba-do-sul-em-atafona-sao-joao-da-barra/12858/> > Acesso em: 12/07/2021

SADOWSKI, G. R.; CAMPANHA, G. A. da C. **Grandes falhas no Brasil continental.** In: Geologia do continente sul-americano. Fernando Flávio Marques de Almeida [S.l: s.n.], 2004.

SIDEC - **Sistema Integrado De Defesa Civil da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil.** São Paulo. 2021. Disponível em: < <http://www.sidec.sp.gov.br/> > Acesso em 15/05/2021

SMIDERLE, G.; RESENDE, C. E.; SIQUEIRA, J. G.; SUZUKI, M. S. **O que houve com o Paraíba?** Projetos UENF. 2014. Disponível em: < <https://uenf.br/projetos/blog/2014/12/16/o-que-houve-com-o-nosso-rio/> > Acesso em 01/06/2021.

SNISB - Sistema Nacional sobre Segurança de Barragens. **Cadastro de Barragens**. 2021. Disponível em: <<https://www.snisb.gov.br/portal/snisb/graficos>> Acesso em 08/03/2021

SNIRH - **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Disponível em: < <https://www.snirh.gov.br/> > Acesso em: 15/05/2021

S2ID - Sistema Integrado de Informações sobre Desastre. **Séries Históricas**. Disponível em: < <https://s2id-search.labtrans.ufsc.br/> > Acesso em: 15/05/2021

TOMINAGA, L. K. **Escorregamentos**. In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J; AMARAL, R. *Desastres Naturais: Conhecer para prevenir*. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012. cap. 2.

15 ANEXOS

Anexo Digital 01 - Anexo Digital do Inventário atualizado