

ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS E ESTIAGENS NA BACIA DO RIO GRAVATAÍ

Contrato nº 004/2015



ETAPA - RELATÓRIO FINAL

PRODUTO 18

RELATÓRIO FINAL



CONTRATO N.º: 004/2015		ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DE CHEIAS E ESTIAGENS NA BACIA DO RIO GRAVATAÍ			
DOCUMENTO N.º: RT-AF-07-2018-PUB-02-01		PRODUTO 18 RELATÓRIO FINAL			
Revisão	Data	Descrição	Elaborado p/	Aprovado p/	Status
R00	10/08/2018	Emissão inicial	Consórcio Gravataí	METROPLAN	REVISÃO
R01	31/08/2018	Revisado	Consórcio Gravataí	METROPLAN	PARA APROVAÇÃO
Elaboração		Cliente		Responsáveis Técnicos	
CONSÓRCIO GRAVATAÍ		METROPLAN		Engº ORGEL CARVALHO FILHO CREA RS 087284 Engº LUCIANO BEZERRA CREA RS 055454 Engº WELLINGTON COIMBRA LOU CREA RJ 22414-D	

EQUIPE TÉCNICA

Equipe Principal:

- Eng. Orgel de Oliveira Carvalho Filho;
- Eng. Ricardo de Magalhães Santiago;
- Eng. Luciano Bezerra da Silva;
- Eng. José Carlos Leite Diehl;
- Eng. Wellington Coimbra Lou;
- Eng. José Augusto Jordão Castro;
- Arq. Clarice Debiagi;
- Soc. Roseli Kepeler.

Equipe Complementar:

- Eng. Thiago Araldi;
- Eng. Lucas Rangel Martins;
- Eng. Luiz Borges Costa;
- Eng. Carlos Wagner da Motta Meirelles.

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	11
2	INTRODUÇÃO	13
3	RELATÓRIO FINAL	14
3.1	Área de Estudo	14
3.2	Objetivos do Relatório	14
3.3	BASE DE DADOS	14
3.3.1	Área de Abrangência da Base de Dados	16
3.3.2	Produtos Digitais	17
3.4	DIAGNÓSTICO	20
3.4.1	Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí	20
3.4.2	Planejamento Urbano e de Infraestrutura	25
3.4.3	Drenagem Urbana e Inundações	26
3.4.4	Estiagens, Demanda e Disponibilidade Hídrica	39
3.4.5	Sistemas de Esgotamento Sanitário - SES	42
3.4.6	Resíduos Sólidos Urbanos	44
3.4.7	Avaliação dos Impactos Ambientais	45
3.4.8	Conclusões	47
3.5	LEVANTAMENTOS DE CAMPO	49
3.5.1	Aerofotogrametria	49
3.5.2	Topobatimetria	52
3.6	ESTUDOS HIDROLÓGICOS	53
3.6.1	Séries Pluviométricas	53
3.6.2	Séries Fluviométricas	54
3.6.3	Séries Climáticas	55
3.6.4	Seleção e Consistência de Dados Pluviométricos	55
3.6.5	Seleção e Consistência de Dados Fluviométricos	56
3.6.6	Caracterização Climatológica da Bacia	58
3.6.7	Usos da Água	59
3.6.8	Discretização da Bacia e Ajuste do Modelo Hidrológico	69
3.6.9	Resultados dos Estudos Hidrológicos	73
3.6.10	Conclusão	87
3.7	SIMULAÇÕES HIDRÁULICAS E MAPAS DE INUNDAÇÕES	87
3.7.1	Modelo Hidrodinâmico	88
3.7.2	Elaboração dos Mapas de Inundação	90
3.8	CENÁRIOS DE ALTERNATIVAS	103
3.8.1	Objetivos, Premissas e Diretrizes	103
3.8.2	Diagnóstico Baixo e Médio Gravataí	107
3.8.3	Diagnóstico Médio Gravataí - Banhado Grande	113
3.8.4	Diagnóstico Alto Gravataí - Formadores	113

3.8.5	Composição dos Cenários	113
3.8.6	Identificação de Projetos de Intervenções Existentes na Bacia.....	116
3.8.7	Conceitos e Diretrizes do Zoneamento de Áreas Inundáveis	117
3.8.8	Cenário de Convivência com Cheias e Estiagens (Cenário 0)	121
3.8.9	Cenário de Alternativas 1 (C1)	130
3.8.10	Cenário de Alternativas 2 (C2)	140
3.8.11	Estiagens - Alternativa Única - Política de Gestão dos Recursos Hídricos	159
3.8.12	Recuperação de Regiões Degradadas - Banhado Grande - Alternativa Única	166
3.8.13	Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta - Alternativa Única	173
3.8.14	Seguros de Cobertura de Inundações - Alternativa Única	176
3.8.15	Conclusões e Recomendações dos Cenários de Alternativas	178
3.9	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	179
3.9.1	Análise Econômica do Cenário 0 - Cheias	180
3.9.2	Análise Econômica do Cenário 1	189
3.9.3	Análise Econômica do Cenário 2	189
3.9.4	Análise Econômica das Estiagens	191
3.10	ANÁLISE MULTICRITÉRIO E CENÁRIO CONSOLIDADO	196
3.10.1	Análise Multicritério.....	198
3.11	Intervenções Seleccionadas.....	207
3.11.1	Conclusões e Recomendações	210
3.12	MODELAGEM INSTITUCIONAL	210
3.12.1	Modelagem Institucional	211
3.12.2	Modelo e Gestão da Infraestrutura do Governo do Estado do RS	214
3.12.3	Análise da Alternativa de Gestão dos Serviços no Nível Municipal.....	217
3.12.4	Mecanismos para Recuperação de Custos das Medidas Implantadas	220
3.12.5	Mecanismos de Controle Social e Econômico	224
3.12.6	Capacitação e Adequação dos Serviços de Gestão de Águas Pluviais	225
3.12.7	Minuta de Regulação para Controle da Vazão de Novos Empreendimentos.....	225
3.12.8	Estratégia de Integração para os Serviços de Saneamento	225
3.12.9	Programas e Projetos de Longo Prazo para Melhoria da Gestão	226
3.12.10	Participação Pública na Gestão dos Serviços e na Fiscalização.....	228
3.12.11	Conclusão	228
3.13	PLANO DE AÇÃO.....	229
3.13.1	Implementação dos Programas de Longo Prazo	230
3.13.2	Ações de Adequação.....	231
3.13.3	Ações de Manutenção	235
3.13.4	Ações de Preparação	239
3.13.5	Resumo das Metas	240
3.13.6	Intervenções Estruturais	241
3.13.7	Datas de Licitação e Contratação das Obras.....	242

3.13.8	Cronograma de Execução.....	244
4	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	245
5	REFERÊNCIAS	250

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Situação e localização da Bacia do Rio Gravataí.....	14
Figura 2 - Mapa de sub-bacias e microbacias propostas do Rio Gravataí.....	18
Figura 3 - Diagrama Unifilar das sub-bacias do Rio Gravataí.....	24
Figura 4 - Planejamento urbano dos municípios que compõem a bacia.....	26
Figura 5 - SPCC de Cachoeirinha.....	29
Figura 6 - Polders Niterói, Rio Branco e Matias Velho e suas Casas de Bombas.....	30
Figura 7 - Diques de Porto Alegre, Canoas e Cachoeirinha.....	32
Figura 8 - Figura das captações e ETAS dos SAA integrados.....	39
Figura 9 - Conceito do controle hidráulico do exutório do Banhado Grande.....	57
Figura 10 - Área real de plantio de arroz na Bacia e estimativa para os demais anos.....	62
Figura 11 - Demandas Agrícolas.....	62
Figura 12 - Distribuição dos Consumos Anuais na bacia do Gravataí.....	67
Figura 13 - Distribuição das Demandas na Bacia Safra 2015-2016) - Volumes Anuais.....	68
Figura 14 - Fluxograma do processo de modelagem hidrológica.....	70
Figura 15 - Vazão Específica ao longo do Rio Gravataí x Área de Drenagem.....	78
Figura 16 - Vazão de Referência Q85% ao longo do ano, ao longo do Rio Gravataí.....	80
Figura 17 - Vazão de Referência Q90% ao longo do ano, ao longo do Rio Gravataí.....	81
Figura 18 - Falhas de Atendimento - Q85% e C=0,90 - déficit médio.....	83
Figura 19 - Falhas de Atendimento - Q85% e C=0,90 - falhas e déficit de volume.....	84
Figura 20 - Falhas de Atendimento - Q90% e C=0,90 - falhas e déficit médio.....	84
Figura 21 - Falhas de Atendimento - Q90% e C=0,90 - falhas e déficit de volume.....	85
Figura 22 - Escopo da área de modelagem hidrodinâmica.....	89
Figura 23 - Curva de Calibração dos Parâmetros Hidráulicos para o Passo das Canoas Auxiliar.....	95
Figura 24 - Área de risco de inundação de TR 5 anos.....	98
Figura 25 - Área de risco de inundação de TR 10 anos.....	99
Figura 26 - Área de risco de inundação de TR 25 anos.....	100
Figura 27 - Área de risco de inundação de TR 50 anos.....	101
Figura 28 - Área de risco de inundação de TR 100 anos.....	102
Figura 29 - Baixo Gravataí - área inundada para TR 100 anos.....	109
Figura 30 - Baixo Gravataí - Região Inundada de Porto Alegre - área inundada para TR 100 anos.....	110
Figura 31 - Baixo Gravataí - Região Inundada de Cachoeirinha - área inundada para TR 100 anos.....	111
Figura 32 - Baixo Gravataí - Região Inundada de Gravataí - área inundada para TR 100 anos.....	112
Figura 33 - Diagrama do perigo de inundação.....	119
Figura 34 - Cenário Tendencial (C0) - projeção das áreas de expansão urbana.....	123
Figura 35 - Déficit médio anual nas captações dentro da Bacia.....	127
Figura 36 - Área plantada de arroz x área plantada efetiva média anual na bacia.....	129
Figura 37 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação sem obstruções.....	133
Figura 38 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação com aterros.....	133
Figura 39 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 1.....	136

Figura 40 - Zoneamento de Áreas Inundáveis - Baixo e Médio Gravataí	137
Figura 41 - Localização das intervenções para minimização de cheias no Baixo Gravataí	142
Figura 42 - Localização das intervenções de revitalização das áreas a jusante e no Banhado Grande .	143
Figura 43 - Planta da elevação do dique proposto no polder de proteção do Aeroporto - Vila Dique.....	144
Figura 44 - Dique proposto no Bairro Sarandi em Porto Alegre e sistema de bombeamento.....	145
Figura 45 - Dique proposto no Bairro Sarandi em Porto Alegre e sistema de bombeamento.....	146
Figura 46 - Dique proposto em Cachoeirinha e sistema de bombeamento.....	147
Figura 47 - Dique proposto no Bairro Caça e Pesca em Gravataí e sistema de bombeamento.....	148
Figura 48 - Seção-tipo dos diques propostos na bacia.....	149
Figura 49 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação sem obstruções	152
Figura 50 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação com diques	152
Figura 51 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 2	155
Figura 52 - Zoneamento de Áreas Inundáveis - Baixo Gravataí.....	156
Figura 53 - Déficit médio anual nas captações dentro da Bacia Cenário 0 e 1	163
Figura 54 - Localização do Canal do DNOS (em vermelho).....	169
Figura 55 - Localização dos pequenos barramentos galgáveis.....	171
Figura 56 - Fluxograma de Ações.....	231

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Dados do Contratante	11
Quadro 2 - Dados do Consórcio.....	12
Quadro 3 - Dados do Contrato	12
Quadro 4 - Produtos previstos no contrato e status de execução	13
Quadro 5 - Municípios e sua localização nas Bacias Hidrográficas	16
Quadro 6 - Áreas das Sub-Bacias Hidrográficas	17
Quadro 7 - Equações IDF para as estações pluviométricas da região da Bacia.....	33
Quadro 8 - Estações Fluviométricas no Rio Gravataí	33
Quadro 9 - Descargas líquidas e sólidas nas seções	35
Quadro 10 - Interfaces de planejamento existente	38
Quadro 11 - Quantitativos topobatimétricos.....	52
Quadro 12 - Séries Pluviométricas Utilizadas.....	55
Quadro 13 - Séries Fluviométricas Utilizadas.....	56
Quadro 14 - Resumo da Estação Passo das Canoas Auxiliar.....	57
Quadro 15 - Resumo das características da estação Passo Grande.....	58
Quadro 16 - Resumo das características da Estação Cerâmica Cherubini.....	58
Quadro 17 - Outorga Superficial para a bacia do Gravataí.....	60
Quadro 18 - Outorga Subterrânea para a bacia do Gravataí.....	60
Quadro 19 - Estimativa das Áreas de Plantio de Arroz (1999 a 2016)	61
Quadro 20 - Demanda per capita para criação animal (l/cab/dia)	63
Quadro 21 - Demanda para Criação Animal por Município (l/s)	63
Quadro 22 - Estimativas de demandas de diferentes trabalhos.....	64
Quadro 23 - Cálculo das Vazões de Retorno à Bacia do Gravataí.....	66
Quadro 24 - Probabilidade de excedência de vazões médias diárias, por sub-bacia do modelo.....	74
Quadro 25 - Probabilidade de excedência de vazões médias diárias, por trecho.....	76
Quadro 26 - Pontos de Controle e vazões características (m³/s).....	79
Quadro 27 - Vazão de Permanência Q85% mensal para o trecho principal do Rio Gravataí (m³/s).....	79
Quadro 28 - Vazão de Permanência Q90% mensal para o trecho principal do Rio Gravataí (m³/s).....	80
Quadro 29 - Demandas do abastecimento público e vazões demandadas (m³/s).....	82
Quadro 30 - Coeficientes de rugosidade propostos.....	92
Quadro 31 - Níveis do Guaíba considerados	94
Quadro 32 - Análise combinatória de efeitos (Gravataí x Guaíba).....	96
Quadro 33 - Parâmetros Hidráulicos e Computacionais.....	97
Quadro 34 - Alternativas estrutural e não-estrutural para os cenários	116
Quadro 35 - Área Edificada atingidas na Situação Atual com TR's 5, 10, 25, 50 e 100 anos.....	124
Quadro 36 - Novas áreas edificadas sujeitas aos eventos de cheias (30 anos)	125
Quadro 37 - Déficit de atendimento ao abastecimento público.....	126
Quadro 38 - Déficit de atendimento da demanda para irrigação na bacia para diferentes áreas	128
Quadro 39 - Segurança das pontes e capacidade hidráulica de escoamento para TR 100 anos	131

Quadro 40 - Áreas a serem desapropriadas nas zonas de passagem de cheias	134
Quadro 41 - Áreas de convivência de cheias já consolidadas na zona com restrições	135
Quadro 42 - Custo total do zoneamento, desapropriação e revitalização das áreas no Cenário 1	138
Quadro 43 - Custo Total das Intervenções - C1	139
Quadro 44 - Quantificação das áreas a serem desapropriadas nas zonas de passagem de cheias.....	154
Quadro 45 - Áreas de convivência de cheias já consolidadas na zona com restrições.	154
Quadro 46 - Custo total do zoneamento, desapropriação e revitalização das áreas no Cenário 2	157
Quadro 47 - Custo Total das Intervenções - C2	158
Quadro 48 - Informações sobre os critérios de outorga vigentes para a bacia do Rio Gravataí	161
Quadro 49 - Déficit de atendimento ao abastecimento público.	163
Quadro 50 - Percentual de atendimento ao abastecimento público - Q _{90%} e Q _{85%}	164
Quadro 51 - Déficit de atendimento ao abastecimento público - Q _{90%} e Q _{85%}	164
Quadro 52 - Localização e características geométricas dos barramentos galgáveis.....	170
Quadro 53 - Altura dos barramentos acima do fundo do canal	172
Quadro 54 - Estações Pluviométricas a serem aparelhadas	175
Quadro 55 - Estações Fluviométricas a serem aparelhadas	175
Quadro 56 - Custos de instalação, operação e manutenção de estações hidrometeorológicas.....	176
Quadro 57 - Características de seguros contra inundações.....	176
Quadro 58 - Escopo considerado para a Análise Econômica de Cheias	181
Quadro 59 - Intervalos considerados nas manchas de inundação	181
Quadro 60 - Área totais atingidas (km ²) pelas manchas de inundação por TR - Situação Atual	182
Quadro 61 - Custos unitários básicos de construção - agosto/2017	183
Quadro 62 - Dados gerais dos municípios atingidos	183
Quadro 63 - Quantificação de Prejuízos Indiretos sobre Prejuízos Diretos.....	184
Quadro 64 - Prejuízos Públicos contabilizados pela Defesa Civil.....	185
Quadro 65 - Prejuízos registrados pela Defesa Civil em Inundações na Bacia	186
Quadro 66 - Tempo de Limpeza em áreas edificadas	187
Quadro 67 - Renda média mensal e média de moradores por residência	187
Quadro 68 - Comparativo de Prejuízos entre Cenários	190
Quadro 69 - Comparativo de Critérios Econômicos de Avaliação entre Cenários	191
Quadro 70 - Resultado dos Critérios Econômicos de Avaliação das obras propostas	191
Quadro 71 - População Impactada: Déficit Hídrico para Cenários 1 até 5 (com as obras no B.G.).....	193
Quadro 72 - Resultados do VPL do Prejuízo de cada Cenário de Outorga na Bacia	194
Quadro 73 - Parâmetros Metodológicos	195
Quadro 74 - Resultado dos Critérios Econômicos de Avaliação das obras propostas	196
Quadro 75 - Pesos atribuídos para cada área	199
Quadro 76 - Pesos atribuídos para cada critério de avaliação	200
Quadro 77 - Análise Multicritério Global Cheias - Bacia do Rio Gravataí	201
Quadro 78 - Pesos atribuídos para cada critério de avaliação para as áreas degradadas.....	202
Quadro 79 - Análise Multicritério - Região das Áreas Degradadas	203

Quadro 80 - Análise Multicritério Cheias - Região do Município de Porto Alegre	204
Quadro 81 - Análise Multicritério Cheias - Região do Município de Cachoeirinha	205
Quadro 82 - Análise Multicritério Cheias - Região do Município de Gravataí	206
Quadro 83 - Levantamento de custos de implementação das intervenções consolidadas	208
Quadro 84 - Intervenções consolidadas na Bacia - Fluxo de caixa de investimentos	209
Quadro 85 - Níveis institucionais envolvidos por grupo de ações	211
Quadro 86 - Áreas protegidas pelo sistema de diques	221
Quadro 87 - Comparação de valores de IPTU entre dois bairros na área de inundação do Rio	222
Quadro 88 - Disponibilização de Informação	231
Quadro 89 - Atualização dos Planos Diretores	232
Quadro 90 - Fiscalização das Demandas Agrícolas	233
Quadro 91 - Zoneamento das Áreas de Plantio	233
Quadro 92 - Programa de Monitoramento Ambiental	234
Quadro 93 - Atualização do Cadastro Territorial e Uso do Solo	235
Quadro 94 - Atualização do Cadastro Territorial e Uso do Solo	235
Quadro 95 - Sistematização e Atualização Contínua do Cadastro de Infraestrutura de Drenagem	236
Quadro 96 - Atualização dos Estudos de Mitigação dos Efeitos de Cheias e Estiagem	237
Quadro 97 - Programa de Inspeção e Manutenção Periódica	237
Quadro 98 - Programa de Capacitação de agentes de saúde e assistentes sociais	238
Quadro 99 - Programa de Capacitação dos Técnicos Municipais	238
Quadro 100 - Elaboração dos Planos de Contingências	239
Quadro 101 - Instalação de rede de previsão e alerta	240
Quadro 102 - Metas Institucionais relativas ao planejamento	240
Quadro 103 - Projetos Básicos dos Sistemas de Proteção Contra Cheias	242
Quadro 104 - Projetos Executivos dos Sistemas de Proteção Contra Cheias	243
Quadro 105 - Licenciamento Ambiental dos Sistemas de Proteção Contra Cheias	243
Quadro 106 - Cronograma de Execução de Projetos e Implantação das Obras	244

1 APRESENTAÇÃO

Este documento é parte integrante do “Estudo de Alternativas e Projetos para Minimização do Efeito de Cheias e Estiagens na Bacia do Rio Gravataí”, e trata do “PRODUTO 18 - RELATÓRIO FINAL”, conforme descrito no Edital CELIC-RS nº 010/14 na modalidade de Regime de Contratação Diferenciada (RDC).

O contrato supracitado é financiado através do Orçamento Geral da União, operacionalizado pelo Ministério das Cidades, no âmbito do Plano de Aceleração do Crescimento-2 (PAC 2) e está inserido no Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais (PNGR), atendendo aos municípios da bacia hidrográfica do Rio Gravataí, na Região Metropolitana de Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul.

Quadro 1 - Dados do Contratante

DADOS DA CONTRATANTE	
Nome	Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional - METROPLAN (citada daqui em diante como FISCALIZAÇÃO)
Endereço	Av. Borges de Medeiros, 1501- 4º andar, Centro –Porto Alegre/RS CEP.: 90020-020
Responsável pela Instituição	
Nome	Pedro Bisch Neto
Cargo	Diretor-Superintendente
Fiscal do Contrato	
Nome	Eng. ^a Paula Branco Pinto
Telefone	(51) 3288-6000
E-mail	paula-pinto@metroplan.rs.gov.br

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 2 - Dados do Consórcio

DADOS DO CONSÓRCIO	
Nome Fantasia	Consórcio Metroplan Bacia Rio Gravataí
Empresas Componentes	
Razão social	Cohidro Consultoria, Estudos e Projetos Ltda.
Endereço	Rua 96, 585, loja comercial 7, Saquarema/RJ
Responsável	Eng.º Wellington Coimbra Lou
Telefone	(21) 2288-5462
E-mail	cohidro@cohidro.com.br
Razão social	Encop Engenharia Ltda.
Endereço	Av. Coronel Aparício Borges, nº 965 - salas 201, 202 e 203, Porto Alegre/RS
Responsável	Eng.º Luciano Bezerra
	Eng.º Thiago Araldi
Telefone	(51) 3028 4799
E-mail	luciano@encop.com
	thiago@encop.com
Razão social	M.J Engenharia Sis Ltda.
Endereço	Rua Sen. Annibal Di Primio Beck, 400, Boa Vista- Porto Alegre - RS CEP 90480-180
Responsável	Eng.º Orgel Carvalho Filho
	Eng.º Ricardo Santiago
Telefone	(51) 3013 5793
E-mail	orgel.filho@mjenharia.com
	ricardo.santiago@mjenharia.com

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 3 - Dados do Contrato

DADOS DO CONTRATO	
Termo de Compromisso do Estado do RS com União	0402.526-57/2012-RS
Edital CELIC	RDC 010/14
Número do contrato com a METROPLAN	004/2015
Objeto	Elaboração de estudo de alternativas e projetos para a minimização do efeito de cheias e estiagens na Bacia do Rio Gravataí
Ordem de início	16 de junho de 2015
Prazo	12 meses (término estimado em 14/06/2016)
Prazo Prorrogado Cfe. 1º Aditivo Contratual, de 08/06/2016 FPE Nº 023001/2014 Exp. Adm.: 689-22.64/14-3	12 meses a contar de 15 de junho de 2016 (término estimado em 15/06/17)
Prazo Prorrogado Cfe. 2º Aditivo Contratual, de 08 /06/2017 FPE Nº 023001/2014 Exp. Adm.: 689-22.64/14-3;2392-22.64/15-4 e 2391-22.14/15-1	190 dias a contar de 16 de junho de 2016 (término estimado em 23/12/2017)
Prazo Prorrogado Cfe. 3º Aditivo Contratual, de 14/12/2017 FPE Nº 023001/2014 Exp. Adm.: 689-22.64/14-3;2392-22.64/15-4 e 2391-22.14/15-1	90 dias a contar de 24 de dezembro de 2017 (término estimado em 24/03/2018)
Prazo Prorrogado Cfe. 4º Aditivo Contratual, de 23/03/2018 FPE Nº 023001/2014 Exp. Adm.: 689-22.64/14-3;2392-22.64/15-4 e 2391-22.14/15-1	105 dias a contar de 24 de março de 2017 (término estimado em 07/07/2018)

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

2 INTRODUÇÃO

O presente relatório descreve a metodologia, as atividades desenvolvidas e os produtos resultantes da elaboração do “PRODUTO 18 - RELATÓRIO FINAL”, referente à Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, localizada no estado do Rio Grande do Sul, conforme solicitado no Termo de Referência:

PRODUTO 18 - RELATÓRIO FINAL

Ao final dos trabalhos deverá ser formulado um relatório final que contemplará uma resenha das atividades desenvolvidas culminando com as conclusões que levarão as soluções dos problemas ocasionados pelas cheias na área de interesse e as soluções desenvolvidas.

O documento em pauta deverá conter todos os elementos que o torne totalmente compreensível, como textos explicativos, desenhos, planilhas, anexos, etc.

O Quadro 4 apresenta a relação de produtos previstos no presente projeto e a situação em que se encontrava o desenvolvimento de cada um dos produtos no momento do fechamento da presente edição.

Quadro 4 - Produtos previstos no contrato e status de execução

Número	Denominação do Produto	Status de Execução
1	Plano de Trabalho Consolidado	Executado
2	Consulta Pública - Relatório do Evento 1 - Plano de Trabalho	Executado
3	Consulta Pública - Relatório do Evento 2 - Diagnóstico	Executado
4	Consulta Pública - Relatório do Evento 3 - Plano de Ação	Executado
5	Base de Dados	Executado
6	Diagnóstico	Executado
7	Levantamento Topobatimétrico	Executado
8	Levantamento Aerofotogramétrico	Executado
9	Cadastro de Redes	Executado
10	Relatório dos Estudos Hidrológicos	Executado
11	Relatório Simulação Hidráulica e Mapa de Inundação	Executado
12	Projetos dos Cenários de Intervenção	Executado
13	Análise de Viabilidade das Alternativas	Executado
14	Consolidação do Conjunto de Intervenções	Executado
15	Plano de capacitação e adequação dos serviços de gestão de águas pluviais	Executado
16	Plano de Ação	Executado
17	Resumo Executivo	Executado
18	Relatório Final	

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Os arquivos digitais não espaciais incorporados na base de dados apresentam os seguintes formatos:

- Tabelas: em formato de planilha eletrônica XLS;
- Figuras: em formato de imagem JPG;
- Documentos públicos de terceiros referenciados: em formato PDF.

O Produto 5 contempla um conjunto de dados espaciais produzidos especificamente para o presente estudo, ou que sofreram algum tipo de ajuste para enquadramento no projeto, ou que foram incorporados exatamente como foram obtidos de sua fonte original.

A organização em pastas no sistema de arquivos para os dados espaciais foi desenvolvida conforme a itemização do Relatório Técnico 5 que, por sua vez, segue a lógica estabelecida no Termo de Referência. A listagem completa do conteúdo dos arquivos mxd apresentados no relatório de Base de Dados está disponível na pasta raiz do produto digital, no arquivo "Lista_Mapas_Camadas.xlsx".

✓ **Sistema de Referência Cartográfica**

Adotou-se como sistema de referência cartográfica o padrão nacional planimétrico reconhecido pelo IBGE, que é o SIRGAS 2000.

A área de abrangência da Bacia do Gravataí é perfeitamente adequada para a utilização da projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator - UTM, fuso 22. Tal projeção já é utilizada na maioria das fontes de dados consultada. Entretanto, uma quantidade significativa de dados foi apresentada no Datum SAD 69, cuja utilização foi descontinuada pelo IBGE em 2014.

A transformação de Datum foi executada utilizando-se o método de "transformação geocêntrica", indicado pelo IBGE. No software ArcGIS, o parâmetro de transformação encontra-se no item "Transformations":

SAD_1969_To_SIRGAS_2000_1 : Geocentric Translation - dx=-67,35 dy=3,88 dz=-38,22

A base de dados do projeto "Estudo de alternativas e projetos para minimização do efeito das cheias e estiagem na Bacia do Rio Gravataí" é composta por dados secundários compilados de diversas fontes. As principais fontes de dados são o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí e os Planos de Saneamento Básico Municipais dos municípios da bacia.

✓ **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Gravataí**

O Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí [PRH-GRV] foi contratado por DRH/SEMA, com apoio do Comitê Gravatahy e executado pela Bourscheid Engenharia em 2011/2012.

A maioria dos dados encontra-se no sistema de projeção UTM 22-S e datum planimétrico SAD 69. O arquivo ".prj" que acompanha os demais arquivos em formato shapefile, não apresentam informações de metadados registrados.

Cabe ressaltar que não foi disponibilizada documentação específica com os metadados do SIG da Bacia do Gravataí, o que impossibilita precisar a origem e metodologia de elaboração de alguns dados.

✓ Planos de Saneamento e Drenagem

O Plano Regional de Saneamento da Bacia Hidrográfica do Gravataí - G010 foi desenvolvido pela MJ Engenharia em 2010 para a Secretaria de Habitação, Saneamento e Desenvolvimento Urbano (SEHADUR-RS) do Rio Grande do Sul.

Posteriormente, os municípios da Bacia do Rio Gravataí desenvolveram, de forma individual, seus planos municipais de saneamento básico, abrangendo em um único documento as temáticas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem e resíduos sólidos, com exceção de Porto Alegre e Canoas, que desenvolveram seu plano municipal de saneamento de forma independente por segmento

✓ Bases da METROPLAN

A METROPLAN concedeu ao Consórcio, por meio de solicitação formal, os dados dos projetos descritos a seguir. Alguns projetos, ainda que não finalizados constituíram boa fonte de dados para o estudo em questão. São eles:

- Projeto Base Cartográfica METROPLAN - GEOPLAN.
- Projeto de compatibilização dos Planos Diretores da RMPA.
- Projeto de Mapeamento dos processos de Parcelamento do solo.

✓ Fontes Públicas de Dados

Diversas fontes públicas de dados puderam vir a ser consultadas e incorporadas à base de dados geográfica do projeto, conforme a evolução dos estudos. Dentre as fontes mais significativas, pode-se destacar:

- Laboratório de Geoprocessamento de Ecologia da UFRGS.
- Portal Hidroweb, da Agência Nacional de Águas.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

3.3.1 Área de Abrangência da Base de Dados

A área de abrangência do presente estudo é a Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, conforme definido pela Política Nacional de Recursos Hídricos, na Lei 9.433/1997.

O Quadro 5 relaciona os municípios e sua localização em função dos divisores de água das bacias hidrográficas que compõem a Região Hidrográfica do Gravataí.

Quadro 5 - Municípios e sua localização nas Bacias Hidrográficas

MUNICÍPIO	BACIAS HIDROGRÁFICAS
Alvorada	Rio Gravataí
Cachoeirinha	Rio Gravataí e Rio dos Sinos
Canoas	Rio Gravataí e Rio dos Sinos
Glorinha	Rio Gravataí
Gravataí	Rio Gravataí e Rio dos Sinos
Porto Alegre	Guaíba e Rio Gravataí
Santo Antônio da Patrulha	Rio Gravataí, Rio dos Sinos e Litoral Médio
Taquara	Rio dos Sinos e Rio Gravataí (apenas área rural)
Viamão	Rio Gravataí e Litoral Médio

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.3.2 Produtos Digitais

A base digital desenvolvida no projeto é organizada como um sistema de arquivos e uma estrutura de pastas. Buscando preservar a origem dos dados, arquivos que foram incorporados no projeto da mesma forma que recebidos, foram organizados na pasta 00_Bases_Referencia.

As demais pastas foram organizadas e nomeadas buscando correspondência com a sistematização proposta no Termo de Referência. Os arquivos que constam nessa pasta, mesmo quando provenientes de outras fontes, sofreram algum tipo de tratamento.

No caso de arquivos em formato *shapefile* eles podem ser arquivos novos, provenientes do processamento de outros arquivos, ou arquivos que mantêm características dos arquivos originais, onde podem ter ocorrido operações de projeção cartográfica, processamento de atributos, ou edição vetorial. As pastas de dados processados foram organizadas com a seguinte nomenclatura:

- 01_Bacias_Hidro_Planejamento
- 02_Inunda_Drenagem
- 03_Fisico_Social_Ambiental_Economico
- 04_Demografico
- 05_Institucional
- 06_Hidrologico

✓ Bacias Hidrográficas e Planejamento

No Quadro 6 estão relacionadas as sub-bacias com as respectivas siglas e as áreas calculadas considerando a nova versão de limites desenvolvida no presente estudo.

Quadro 6 - Áreas das Sub-Bacias Hidrográficas

Sigla	Nome da Sub-Bacia	Área (Km ²)	%
AG1	Alto Gravataí - Arroios Chico Lomã, Veadinho e Palmeira	258,19	12,81%
AG2	Alto Gravataí - Arroios Grande e Miraguaia	331,79	16,46%
AG3	Alto Gravataí - Banhado Grande	59,64	2,96%
AG4	Alto Gravataí - Sangas da Rapadura e do Freitas	126,98	6,30%
MG1	Médio Gravataí - Arroios Demétrio e Pinto	402,59	19,97%
MG2	Médio Gravataí - Arroio Fiuza, Alexandrina e Banhado dos Pachecos	470,08	23,32%
BG1	Baixo Gravataí - Margem Direita (Cachoeirinha e Canoas)	154,83	7,68%
BG2	Baixo Gravataí - Margem Esquerda (Alvorada e Porto Alegre)	211,44	10,49%
	Área Total	2.015,53	

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

A Figura 2 apresenta a divisão de sub-bacias utilizada no presente estudo. Utilizou-se como base cartográfica dos municípios e do Plano de Recursos Hídricos da Bacia

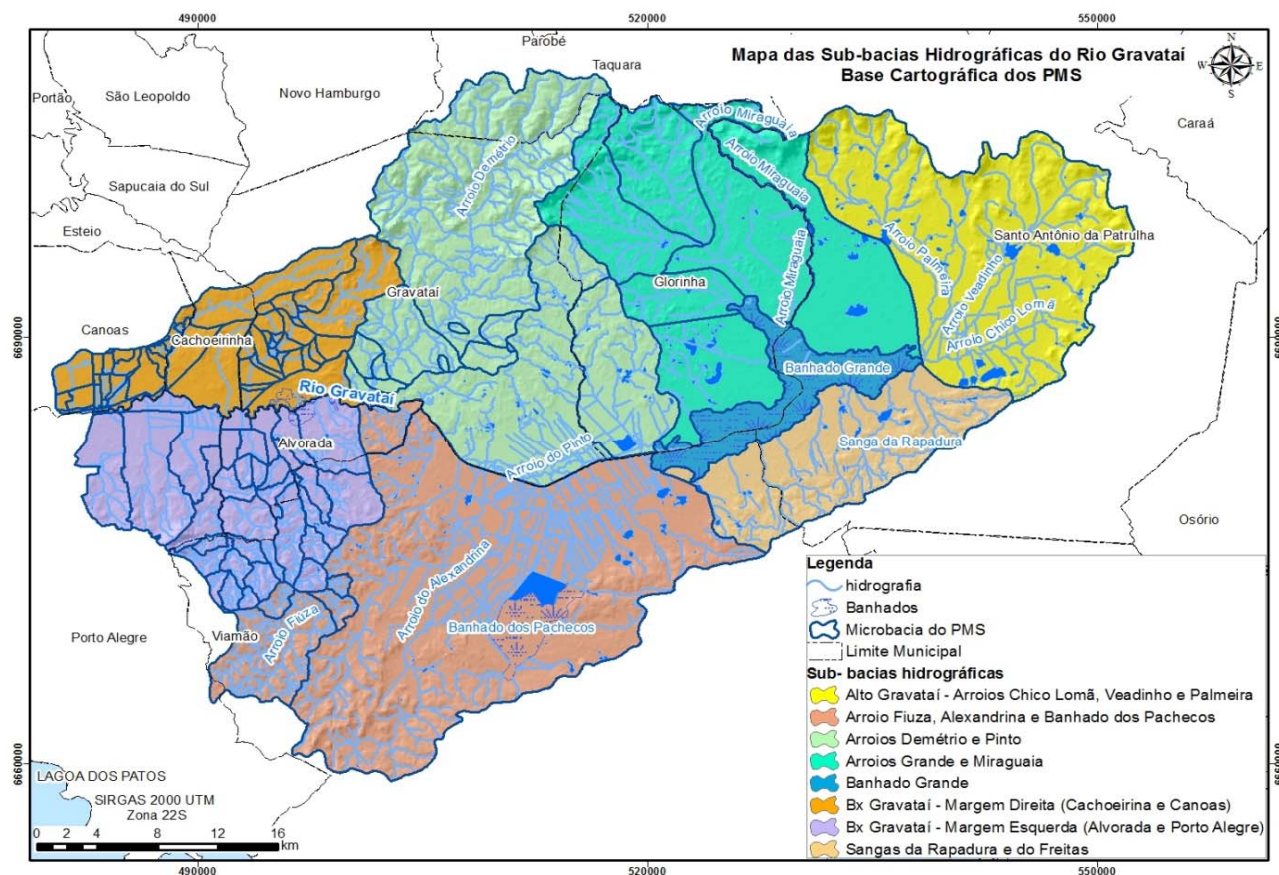


Figura 2 - Mapa de sub-bacias e microbacias propostas do Rio Gravataí
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Além da subdivisão territorial da bacia hidrográfica em sub-bacias e micro bacias, tais foram caracterizadas em termos de tipo de solo, área urbanizada e hidrologia.

✓ **Histórico de Inundações e Sistema de Drenagem**

Para levantamento do histórico de inundações, utilizou-se das seguintes abordagens: registros oficiais provenientes da Defesa Civil, registros informais a partir de notícias de jornal e registros testemunhais a partir de entrevistas de campo.

O detalhamento do histórico foi detalhado através de:

- Registro de Desastres Naturais
- Identificação de Locais de Inundação na Área de Planejamento
- Identificação fotográfica e Entrevista com moradores

✓ **Dados Físicos, Sociais, Ambientais e Econômicos**

Os dados físicos, sociais, ambientais e econômicos foram estruturados da seguinte forma:

- Topografia.
- Geologia e pedologia.
- Imagem de satélite e uso do solo.
- Mapeamento de pontos críticos de instabilidade geotécnica.

- Áreas degradadas.
- Prejuízos por Inundações.
- Situação econômica e financeira das prefeituras e autarquias.
- Áreas de interesse ambiental.
- Áreas de interesse conforme Plano Diretor Municipal.
- Diagnóstico de fauna e flora.
- Fontes de poluição.
- Disponibilidade hídrica e demanda.
- Estudos e projetos de regularização vazão.

✓ **Dados Demográficos**

Os dados demográficos são provenientes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, que constitui uma fonte pública de dados.

Os dados demográficos foram estruturados da seguinte forma:

- Populações urbanas e rurais por distrito.
- População por setor censitário.
- Estudos de evolução populacional.
- Mobilidade da população.
- População em áreas informais.

✓ **Aspectos Institucionais**

A coleta de dados de aspectos institucionais baseada nos planos municipais de saneamento e informações das prefeituras resultou em um conjunto de tabelas, organizadas em planilha de cálculo e compatíveis para importação em sistemas de bancos de dados.

Os aspectos institucionais foram estruturados da seguinte forma:

- Legislação.
- Gestão.
- Programas de educação ambiental e participação comunitária.
- Planos, estudos e projetos

✓ **Dados hidrológicos**

Os dados hidrológicos são fundamentais na compreensão do sistema hidrológico de uma bacia hidrográfica. Observou-se que na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, área alvo de muitas medições e estudos em função dos diversos eventos de inundações e estiagens, obtém um considerável acervo de dados hidrológicos que permitiu o entendimento da dinâmica dos processos envolvidos.

Os dados hidrológicos foram estruturados da seguinte forma:

- Dados pluviométricos.
- Dados fluviométricos.

Tais informações estruturadas foram de fundamental importância para o andamento do trabalho, desde o diagnóstico dos problemas da bacia, até o desenvolvimento das simulações hidrológicas e hidrodinâmicas e os cenários de alternativas.

3.4 DIAGNÓSTICO

Para elaboração do diagnóstico foram examinados os componentes relacionados à drenagem urbana, às inundações e suas relações com o planejamento urbano, a infraestrutura, os outros serviços públicos e o meio ambiente. O Diagnóstico foi consolidado através do Produto 6.

Para tanto foram identificados de acordo com o Termo de Referência, os principais impactos negativos, consequentes do incremento acelerado da urbanização (cidade de fato e a cidade planejada), sistemas de água e esgoto existentes e planejados, resíduos sólidos, drenagem urbana e ocorrência de inundações ribeirinhas, carência hídrica (conflitos de uso) e as questões ambientais, principalmente associadas às alterações do ecossistema Banhado Grande neste contexto de crescente antropização da bacia.

3.4.1 Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí

O Rio Gravataí é um rio de planície, de baixa velocidade, sinuoso e com muitos meandros, que originalmente percorria 39 km desde o Passo dos Negros até o Delta do Jacuí, no entanto hoje, conforme o seu perfil longitudinal, este trecho alterado possui 34,5 km.

O sistema de drenagem da bacia é formado por três compartimentos hidráulicos distintos: nascentes, Banhado Grande e curso inferior (Rio Gravataí propriamente dito).

O canal principal do Rio Gravataí, forma-se no Banhado Grande, percorrendo a bacia no sentido leste para oeste, onde drena as águas dos municípios situados entre a Serra Geral e a Coxilha das Lombas, desaguando no Delta do Jacuí (um conjunto de canais, ilhas e banhados), a partir do qual, forma o lago Guaíba, sendo sua distância de 61,4 km aproximadamente.

Os principais afluentes do Rio Gravataí são dezesseis arroios. Na margem direita têm-se nove arroios, a saber: Brigadeiro, Barnabé, Demétrio, Pinto, Passo Grande, Miraguaia, Venturosa, Veadinho e Chico Lomã. Na margem esquerda os outros sete, os arroios Areias, Sarandi, Feijó, São João, Águas Belas, Passo dos Negros e Alexandrina.

Importante contribuição aos recursos hídricos superficiais da bacia é o aquífero de Águas Claras localizado na parte meridional da bacia.

A Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí está inserida na Região Hidrográfica da Bacia do Guaíba, localizando-se na porção leste do Estado do Rio Grande do Sul, a qual é formada pelas seguintes bacias hidrográficas: Vacacai-Mirim, Alto Jacuí, Baixo Jacuí, Taquari-Antas, Caí, Gravataí, Guaíba e Pardo.

O Rio Gravataí deságua no Delta do Rio Jacuí, onde também afluem, e muito próximos, os Rios Caí e dos Sinos. A Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí integra a região hidrográfica do Guaíba, sendo identificada pelo código G010 na divisão hidrográfica do Estado do Rio Grande do Sul adotado DRH/SEMA.

Possui uma área aproximada de 2.000 km², o que representa 2,4% do território estadual. Está delimitada a leste e a sul pela Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas, ao norte com a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, e a oeste pela Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba.

A bacia abrange parte da região Metropolitana de Porto Alegre, incluindo zona urbana de Porto Alegre, Canoas, Alvorada, Viamão, Cachoeirinha, Gravataí, Glorinha e Santo Antônio da Patrulha.

✓ **Considerações Quanto ao Traçado do Rio Gravataí**

O traçado e geometria do Rio Gravataí apresentaram-se como fatores relevantes na elaboração do presente estudo, haja vista alteração histórica significativa, e os consequentes efeitos diversos no escoamento superficial e das vazões de projeto.

Para viabilizar o desenvolvimento da irrigação na região, foi construída uma extensa malha de canais de drenagem, principalmente no trecho médio, nas áreas drenadas pelos Arroios Alexandrina (margem esquerda) e do Pinto (margem direita).

Como alteração significativa no regime de escoamento do rio, identifica-se a mudança do seu leito natural, tendo como base um projeto elaborado pelo extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), na década de 60, a jusante do Banhado Grande até próximo da Olaria Velha, percorrendo cerca de 20 km na calha do Rio Gravataí.

Estas condições de escoamento originais foram alteradas, favorecendo o rebaixamento do freático livre, reduzindo as áreas permanentemente alagadas, e aumentando a velocidade de escoamento superficial, com consequente incremento da ocorrência de erosão.

Embora os levantamentos aerofotogramétricos e topobatimétricos que foram realizados pelo presente estudo, possam definir o verdadeiro estágio atual do rio em termos geométricos, o conhecimento das condições originais de traçado, e seu respectivo regime hídrico, forneceram subsídios importantes para concepção da proposição das alternativas que preveem a "revitalização", ou resgate das condições naturais de escoamento.

A montante do trecho canalizado do rio foram executados dois trechos retilíneos (em forma de "V"), com o intuito de drenar áreas de montante e ampliá-las para produção de arroz. Observa-se a evolução da erosão, formando voçorocas próximas ao vértice do canal escavado, agravado pelo incremento da velocidade do escoamento, adquirido pela alteração da geometria do canal no trecho.

Concluiu-se quanto ao traçado do Rio Gravataí:

- Estas alterações na geometria e traçado do leito do rio interferem diretamente no regime hidrológico e hidráulico da bacia, gerando consequências significativas, como o incremento da vazão de pico, redução da recarga do freático livre pela menor infiltração e consequente aumento da sua profundidade.
- As maiores velocidades de escoamento favorecem a ocorrência de erosão (surgimento de voçorocas) e assoreamento da calha do rio, reduzindo sua capacidade e potencializando os efeitos das enchentes ribeirinhas.
- O final do trecho retificado coincide com o início da área urbanizada de Gravataí, onde os aparecem os primeiros problemas de inundações ribeirinhas.

- Este agravamento pode ser creditado ao efeito de incremento da velocidade obtido neste trecho. Nas etapas posteriores de modelagem matemática hidrodinâmica deverá ser identificada esta influência direta.

Em resumo, o Rio Gravataí sofreu significativas alterações quanto a sua dinâmica de escoamento superficial ao longo do tempo:

- No trecho de jusante: evidente crescimento urbano com incremento da impermeabilização e implantação do SPCC, que através dos diques restringiu o escoamento à "seção de projeto", elaborado na década de 60 e implementado em Canoas, Cachoeirinha, Alvorada e Porto Alegre.
- Assim o antigo caminho do rio com extensa área de escoamento, teve em seu trecho de jusante, redução significativa da seção útil, gerando efeito de remanso no trecho médio.
- Alteração do traçado e geometria no trecho final da foz, aumentando a seção desviando o deságue.
- No trecho médio: alteração do traçado meândrico por alinhamento linear, e aprofundamento e implantação de calha do rio, nos trechos onde não possuía leito definido, logo a jusante do Banhado Grande, favorecendo o escoamento e drenagem da área de banhado natural a montante;
- No trecho de montante: além da redução da área permanentemente inundada do banhado natural, as nascentes e APPs ao longo dos cursos d'água sofreram degradação, alterando o fluxo de água superficial, contribuindo para o assoreamento e redução das calhas dos arroios e afluentes do Banhado Grande.

✓ **Unidades de Planejamento**

Tendo como base as divisões de bacias identificadas nos estudos existentes, quais sejam: Plano de Recursos Hídricos, UFRGS-CPRM/2002, ANA-Ottobacias, os PMSB e o presente trabalho, foi gerado um diagrama unifilar dos recursos hídricos da bacia (Figura 3) com objetivo de subsidiar as etapas posteriores para atendimento das demandas, bem como o controle de cheias.

✓ **Relevo e Pedologia**

A Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí situa-se na borda nordeste do Escudo Sul-rio-grandense, entre o Planalto Meridional, a Depressão Periférica e a Planície Costeira.

As cotas mais baixas chegam a ser próximas do nível do mar na calha do Rio Gravataí, que percorre a bacia no sentido leste-oeste e cuja planície varia de 8 a 20 km de largura. As cotas mais altas chegam próximas a 350 m, situadas no norte da bacia, na transição para a região da Serra Gaúcha.

Observa-se maior frequência na Bacia do Rio Gravataí, das unidades pedológicas de argissolo e planossolo.

Os argissolos contemplam 55% da extensão total da bacia, estando distribuídos em todas as sub-bacias e ocupam significativa área urbana no Baixo Gravataí, principalmente em Porto Alegre, Alvorada e Viamão.

✓ **Usos e Ocupação Atual do Solo na Bacia**

A cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí pode ser classificada em termos de uso e ocupação como: campo (50,81%), lavoura (19,98%), mata (11,12%), área urbana (7,65%), banhado (3,96%), água (2,04%), campo úmido (1,06%), solo descoberto (2,43%) e reflorestamento (0,89%).

✓ **Fisiografia das Sub-bacias**

Observou-se que os valores altos para os tempos de concentração no Médio Gravataí, quando combinados com tempos de concentração mais baixos para o Alto Gravataí, agravam a condição de enchentes para uma determinada chuva na região do Baixo Gravataí.

✓ **Áreas de Interesse Ambiental**

A APA do Banhado Grande, durante a elaboração do estudo, não apresentava Plano de Manejo. Dessa forma, de acordo com a Portaria SEMA 31, de 19/3/2015, fica previamente autorizado o licenciamento ambiental no raio de 10 km da APA do Banhado Grande para qualquer empreendimento, com exceção daqueles sujeitos a EIA/RIMA.

Durante a finalização do presente estudo passou a ser desenvolvido o Plano de Manejo.

Inserido na APA está o Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos (RVSBP), criado em 2002, com área de 26 km². A mesma Portaria da SEMA indica necessidade de licenciamento de mineração a 10 km do limite desse Refúgio, desde que dentro da Bacia do Gravataí.

O RVSBP localiza-se em uma área cedida pelo INCRA para a SEMA.

✓ **Disponibilidade Hídrica e Demanda**

Para análise da disponibilidade e demanda hídrica da bacia hidrográfica do Rio Gravataí, o [PRH-GRV] embasou-se em diversas fontes que permitiram gerar dados que viabilizaram o entendimento da dinâmica hidrológica.

O [PRH-GRV] apresentou uma análise integrada de demandas e consumos em nível de sub-bacias, considerando os setores de abastecimento urbano, rural, industrial, criação animal e irrigação.

O referido estudo apontou que o ciclo do Rio Gravataí demonstra que o maior aporte hídrico ocorre no inverno. Em contrapartida, no verão, tem-se o período de estiagens.

Logo, há uma carência de água, tanto para a população quanto para a produção agrícola, nos meses de verão.

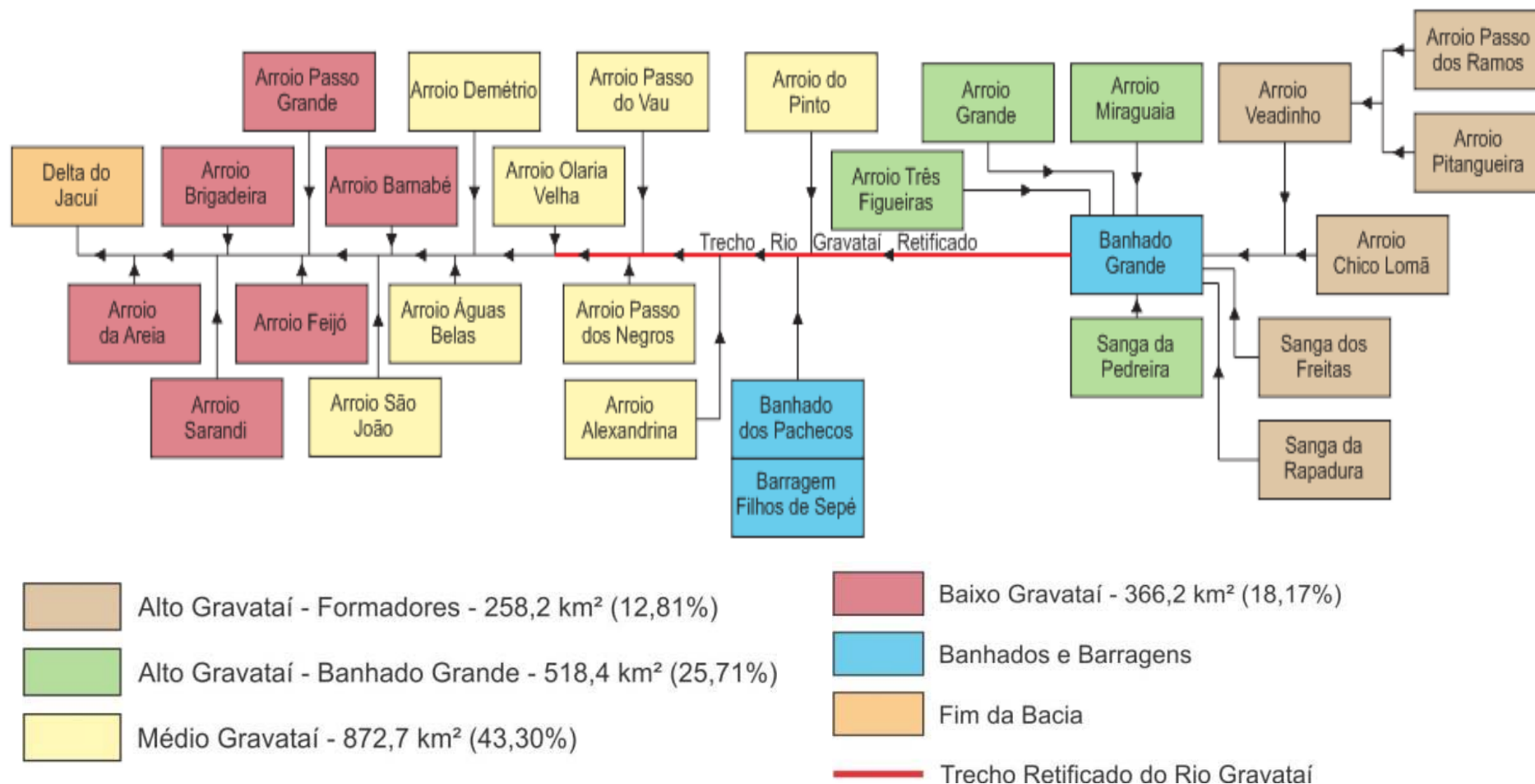


Figura 3 - Diagrama Unifilar das sub-bacias do Rio Gravataí
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.4.2 Planejamento Urbano e de Infraestrutura

O planejamento urbano tende cada vez mais a ser uma atividade multidisciplinar, que pressupõe antecipar cenários futuros, apoiando-se em uma determinada realidade onde se conhece um conjunto de informações.

Dentro desta lógica o diagnóstico, foi desenvolvido utilizando a Base de Dados (Produto 5), através da qual fez-se a interpretação e cruzamentos de seu conjunto de informações.

Os planos diretores urbanísticos buscam planejar o uso do solo na área do município.

A Figura 4 mostra uma visão integrada do zoneamento do uso do solo em todos os municípios da bacia.

Em relação ao zoneamento proposto pelos Planos Diretores, Santo Antônio da Patrulha e Viamão não apresentam qualquer zoneamento referente à área do Banhado Grande.

As áreas de zonas de inundação natural do Rio Gravataí, que se conflitam com as zonas urbanas encontram-se nos municípios de Canoas, Porto Alegre, Cachoeirinha, Alvorada, Gravataí e parte de Viamão.

Em diversos lugares é possível observar o crescimento urbano chegando em áreas muito próximas ao leito do Rio Gravataí.

Observaram-se aglomerações subnormais e ocupações informais na bacia hidrográfica. Entende-se por aglomerações subnormais: assentamentos irregulares (conhecidos como favelas), invasões, vilas, comunidades entre outros, muitas vezes instaladas em áreas de risco.

A ocupação informal não está necessariamente caracterizada como uma favela ou ocupando uma área de risco, pode ser comunidade estruturada ocupando uma gleba informalmente. Observa-se em maior medida este tipo de ocupação concentrada em Porto Alegre, Canoas e Cachoeirinha.

Nos demais municípios da Bacia do Gravataí encontram-se dispersões informais e/ou subnormais de menores proporções, mas localizadas próximos a pontos críticos de alagamentos, como por exemplo, em Gravataí.

Entende-se como dispersões ocupações que não estão em continuidade com a malha urbana, neste caso estas ocupações estão permeadas por uma malha urbana formal e estruturada.

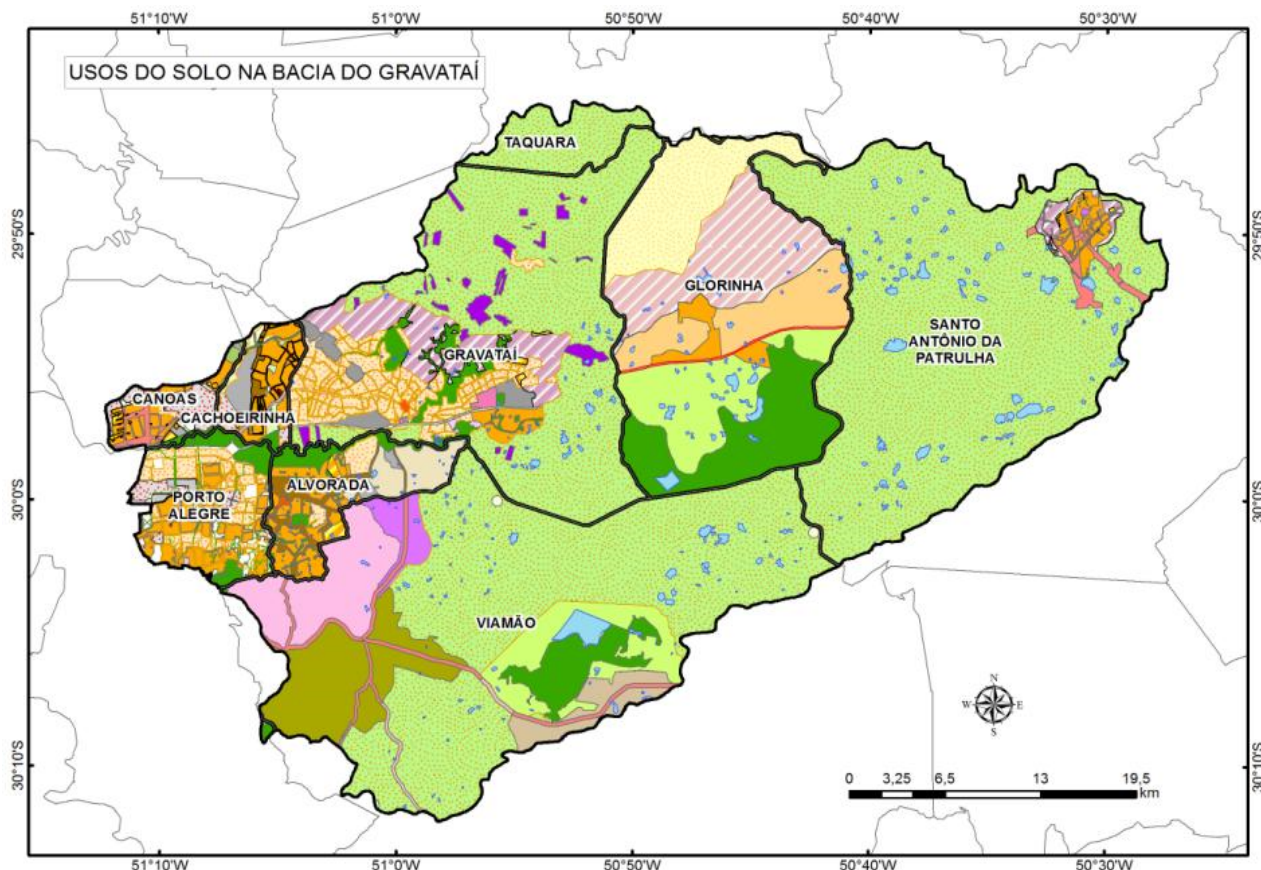


Figura 4 - Planejamento urbano dos municípios que compõem a bacia
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.4.3 Drenagem Urbana e Inundações

Na sequência apresentam-se os sistemas de drenagem urbana na área de abrangência dos estudos, relacionando-os com os principais aspectos geradores de inundações ribeirinhas, tendo como referências principais os PMSB, todos já concluídos na área da bacia e o Plano Diretor de Drenagem Urbana (somente Porto Alegre).

Faz-se ainda uma abordagem referente aos efeitos da erosão e sua abrangência, os problemas relacionados com a qualidade da água no sistema de drenagem, os impactos negativos gerados pelas inundações e a gestão das águas pluviais na bacia.

✓ Avaliação de Planos e Estudos

A produção de estudos e projetos relacionados ao controle de inundações na bacia do Rio Gravataí é extensa. Entre os estudos consultados para subsidiar a elaboração deste trabalho estão:

- Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH;
- Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Gravataí - PRHB-GRV;
- Planos Municipais e Plano Regional de Saneamento Básico - PMSB e PRSB;
- Estudos Básicos e Pesquisas Especiais na Região do Rio Gravataí, conduzido pela Secretaria de Obras Públicas do RS e executado pelas empresas de consultoria alemãs Agrar e Hydrotechnik em 1971;

- Identificação das Alternativas Possíveis e Prováveis para Regularização das Vazões do Rio Gravataí - IPH - CPRM / 2002;
- Estudos e pesquisas acadêmicas relacionados ao tema saneamento ambiental na área em estudo.

✓ **Sistemas de Micro e Macrodrenagem na bacia**

O Plano Regional de Saneamento Básico (Prósinos/2014) constata de maneira geral, em relação às redes de macrodrenagem (maior que diâmetro: 1.500 mm):

- o Presença de sedimentos e resíduos sólidos depositados nos canais, seja no fundo ou nas margens;
- o Crescimento de vegetação arbustiva e arbórea em canais não revestidos e principalmente em taludes, o que compromete o livre escoamento das águas, reduzindo a seção hidráulica e consequentemente a vazão transportada pelos referidos canais;
- o Os canais de macrodrenagem recebem a contribuição das redes coletoras de menor calibre, e conduzem as águas aos pontos mais baixos do relevo, em sua maioria cortando áreas urbanizadas, onde pode ser constatada carência de espaço físico;
- o Avanço da urbanização sobre as APPs, com consequente degradação da vegetação, ou mesmo supressão vegetal e ocupação desordenada. Edificações residenciais ou comerciais sobre a projeção dos canais existentes, sem qualquer observação quanto à legislação restritiva ou mesmo quanto aos riscos associados;
- o Inexistência de cadastros topográficos das redes de macrodrenagem, mesmo de levantamentos “as built”, ou como construído.

- **Sistema de Drenagem do Município de Santo Antônio da Patrulha**

A rede de microdrenagem de Santo Antônio da Patrulha, segundo o PMSB/2014, possui uma extensão de 122 km, e correspondente às vias pavimentadas da zona urbana que dispõem de rede, numa proporção de 66% do total.

- **Sistema de Drenagem do Município de Glorinha**

Glorinha apresenta a menor superfície de área urbana entre os municípios que compõem a bacia em estudo. A área urbanizada se localiza sobre "divisor de águas", o que o confere menor risco de ocorrência e alagamentos, haja vista ausência de cursos d'água permanentes. Portanto, não possui rede de macrodrenagem na área urbana.

- **Sistema de Drenagem do Município de Gravataí**

Gravataí possui extensa rede viária com 734 km de vias pavimentadas, segundo o PMSB, incluindo área urbana e de extensão urbana.

A área urbana da sede do município de Gravataí encontra-se dividida entre as áreas de planejamento do Médio Gravataí (MG1 - Arroios Demétrio e Pinto) e do Baixo Gravataí (BG1 - Baixo Gravataí Margem Direita). Dessa forma, os arroios Demétrio, Barnabé e Brigadeiro constituem-se nos principais elementos de macrodrenagem na área urbana.

- **Sistema de Drenagem do Município de Viamão**

A área urbana da sede do município de Viamão e distritos adjacentes é a que apresenta maior extensão de ocorrência de cursos d'água na Bacia do Rio Gravataí.

O relevo acidentado favorece a formação de talwegues e de pequenos arroios, potencializando a velocidade de escoamento superficial, e aparecimento de pontos de alagamento frequentes.

- **Sistema de Drenagem do Município de Alvorada**

O município de Alvorada possui parte de sua ocupação urbana em zona de inundação natural do Rio Gravataí, e consequentemente apresenta problemas decorrentes de extravasamentos do rio.

Cerca de 60% da área urbanizada conta com rede de esgotos pluviais, conforme o PMSB, o qual indica que as redes se encontram nas áreas mais centrais da cidade e nos núcleos habitacionais planejados, embora não haja um cadastro topográfico do sistema de drenagem.

- **Sistema de Drenagem do Município de Cachoeirinha**

Embora o município de Cachoeirinha não disponha de cadastro topográfico da rede de microdrenagem, o PMSB aponta a existência de rede em praticamente todas as vias pavimentadas do município.

Segundo o PMSB, os problemas pontuais de alagamentos são especificamente:

- o Avenida Mal Rondon, Vila Vista Alegre;
- o Arroio Passinho, entroncamento da Rua Curitiba com Avenida José Brambila;
- o Arroio Passinho, Vila Princesa Isabel; Arroio Passinho, junto a BR-290;
- o Avenida General Flores da Cunha, Vila City Nova; Vila Eunice Velha, Vila Imbuí, próximo ao Dique;
- o Arroio Sapucaia, Bairro Meu Rincão.

- **Sistema de Drenagem do Município de Canoas**

O município de Canoas possui apenas parte de seu território com drenagem escoando para a bacia do Rio Gravataí, mais especificamente nas sub-bacias do Arroio Brigadeiro, Pôlder Rio Branco e do Pôlder Niterói.

Identifica-se como informação relevante, cadastro expedito de microdrenagem, de 2006, tendo como base uma restituição aerofotogramétrica, com voo em 1999. Assim, foram identificados 151 km de redes de micro e 24 km de canais de macrodrenagem nas sub-bacias que drenam as águas superficiais para o Rio Gravataí, segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico - PLAMSAB/2013.

- **Sistema de Drenagem do Município de Porto Alegre**

A maior área de Porto Alegre é drenada na Bacia do Lago Guaíba. O extremo nordeste da cidade contribui para a Bacia na extremidade mais à jusante da margem esquerda do Rio. Os principais logradouros de Porto Alegre que delimitam a Bacia do Gravataí (sentido sul-norte) são: Av. Protásio Alves, Av. Carlos Gomes, Av. Plínio Brasil Milano, Rua Eduardo Chartier, Av. Assis Brasil, Rua Rio São Gonçalo, Av. Sertório, Av. dos Estados.

As sub-bacias que compõem a área de interesse na Bacia do Rio Gravataí, são:

- Arroio Feijó;
- Várzea do Rio Gravataí.
- Arroio Santo Agostinho;
- Arroio Passo das Pedras;
- Arroio Areia;

✓ Sistema de Proteção Contra Cheias - SPCC

Os municípios de Canoas, Cachoeirinha, Porto Alegre e Alvorada possuem áreas densamente urbanizadas, e localizadas sobre zonas de inundação natural do Rio Gravataí.

Estas regiões densamente ocupadas, parte são controladas pelos Sistemas de Proteção Contra Cheias - SPCC, cujo projeto foi elaborado pelo extinto DNOS - Departamento Nacional de Obras de Saneamento no final da década de 1960.

• Sistema de Proteção do Município de Cachoeirinha

Cachoeirinha possui uma área protegida, com sistema parcialmente implantado, conforme PMSB (Figura 5).

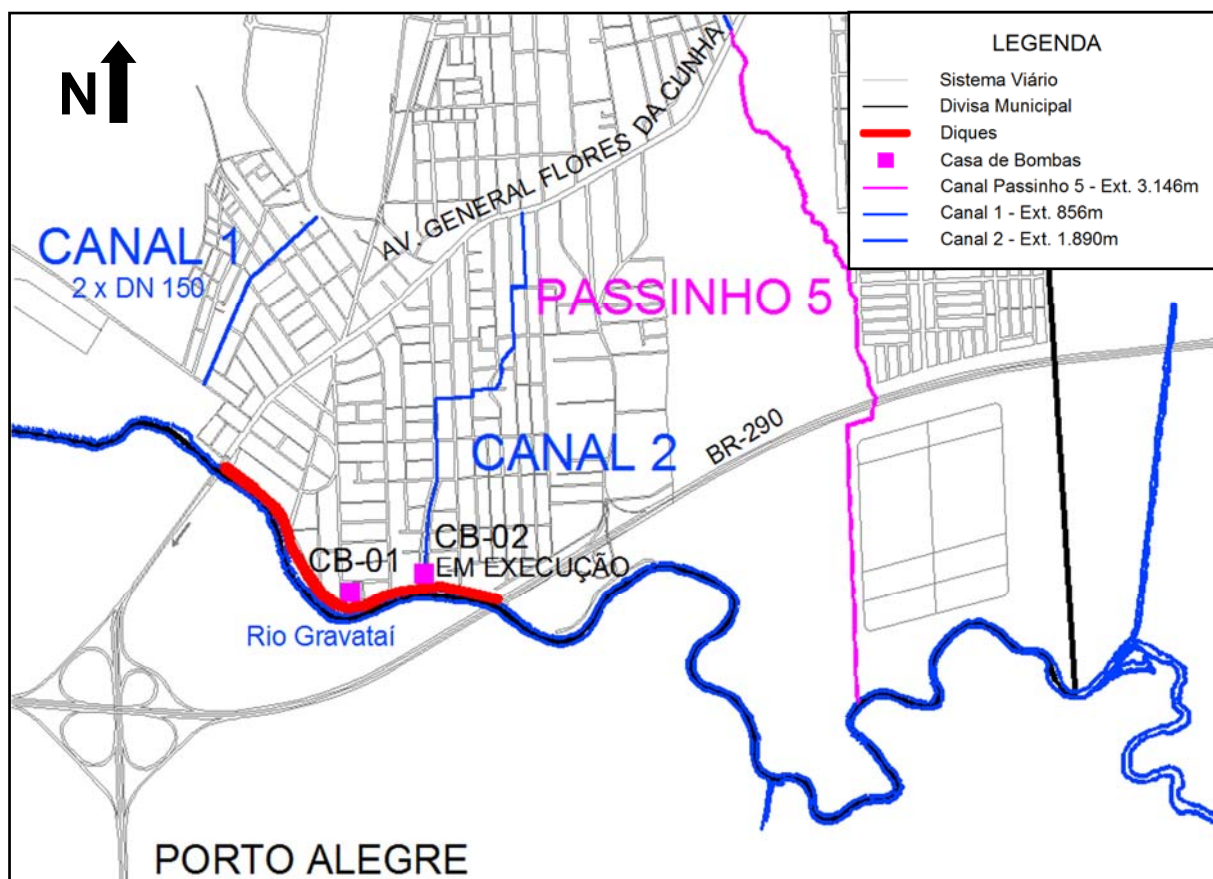


Figura 5 - SPCC de Cachoeirinha
Fonte PMSB/2014

• Sistema de Proteção do Município de Canoas

Em Canoas tem-se o Pôlder Niterói e o Pôlder Rio Branco na área que drena as águas superficiais para o Rio Gravataí.

O Pôlder Niterói é constituído de dique com cota de coroamento variando entre 5,50 m e 6,10 m, cuja finalidade é de proteger o Bairro Niterói contra as inundações do sistema Guaíba / Jacuí e do Rio Gravataí. O início do Pôlder se dá no aterro da BR-116, junto das ruas Marquês de Barbacena e Gravataí, estendendo-se até o município de Cachoeirinha.

A área da bacia do Pôlder Niterói, calculada no PLAMSAB/2013, é de 1.524 ha. As casas de bombas CB1 e CB2 operam com sistema de comportas flap, para descarga das águas por gravidade, quando o nível o Rio Gravataí esteja baixo.

O Pôlder Rio Branco é constituído do dique com cota de coroamento variando entre 4,50 m e 6,60 m, cuja finalidade é proteger os Bairros Rio Branco e Fátima contra as inundações do Rio Gravataí e do Delta do Jacuí. O início do Pôlder se dá no aterro da BR-116, lado oposto ao início do Pôlder Niterói, estendendo-se até a o 5º COMAR e contornando a Av. Guilherme Schell.

A Figura 6 apresenta o sistema de macrodrenagem de Canoas, com ênfase ao SPCC e os Polders Niterói, Rio Branco e Matias Velho.

Em azul escuro estão identificados os trechos da macrodrenagem já canalizados, enquanto em azul claro os trechos sem revestimento.

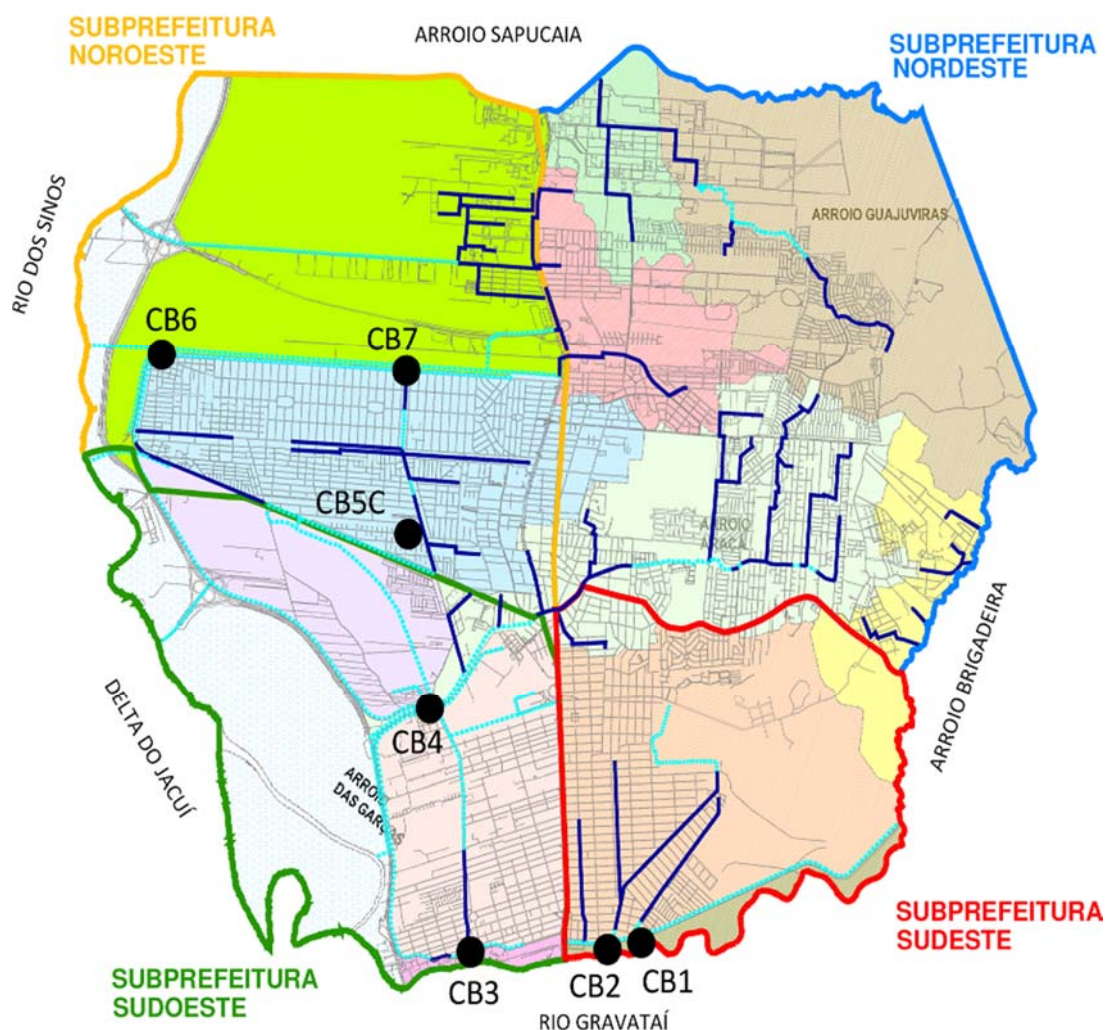


Figura 6 - Polders Niterói, Rio Branco e Matias Velho e suas Casas de Bombas
Fonte: PLAMSAB/2013

- **Sistema de Proteção do Município de Porto Alegre**

Em Porto Alegre o SPCC na área de interesse do presente estudo possui os componentes relacionados a seguir.

- Diques internos:
 - o Santo Agostinho / Assis Brasil: Acompanha a Vila Santo Agostinho até a Assis Brasil, daí seguindo esta Avenida (sem casas de bombas);
 - o Sarandi: Acompanha o Arroio Passo das Pedras e possui as CB's 9 e 10;
 - o Montante: Acompanha o Arroio da Areia e possui a CB Sílvio Brum (incompleto).
- Diques Externos:
 - o Autoestrada ("Freeway"): Constituído pela pista da autoestrada, desde sua confluência com a Assis Brasil até a Ponte do Guaíba. Há 4 ligações: Arroio Passo das Pedras, da Areia, CB 6 e CB 5.
- Casa de bombas:
 - o BR 116 (embaixo do viaduto da Freeway): Bairro Anchieta, incluindo o Aeroporto;
 - o BR 101 (próximo à Av. Assis Brasil, junto ao Dique Sarandi): Várzea do Sarandi;
 - o Margem direita do Arroio Sarandi (junto ao dique): Vila Nova Brasília, Vila Elizabeth e Vila União.
 - o Eng. Sílvio Brum Av. Sertório, 3424 esquinas Av. Rio São Gonçalo Santa Maria Goretti e Vila Sesi.

A Figura 7, produzida a partir de dados do PMSB-Cachoeirinha, PLAMSAB-Canoas e do DEP-Porto Alegre, apresenta os diques que caracterizam o SPCC dos municípios de Canoas, Porto Alegre e Cachoeirinha, onde se observa um significativo trecho protegido às margens do Rio Gravataí.

- **Sistema de Proteção do Município de Gravataí**

O município de Gravataí não tem SPCC.

- **Sistema de Proteção do Município de Alvorada**

O município de Alvorada não tem SPCC. Ressalta-se que o mesmo está desenvolvendo projetos para o SPCC junto à Metroplan.

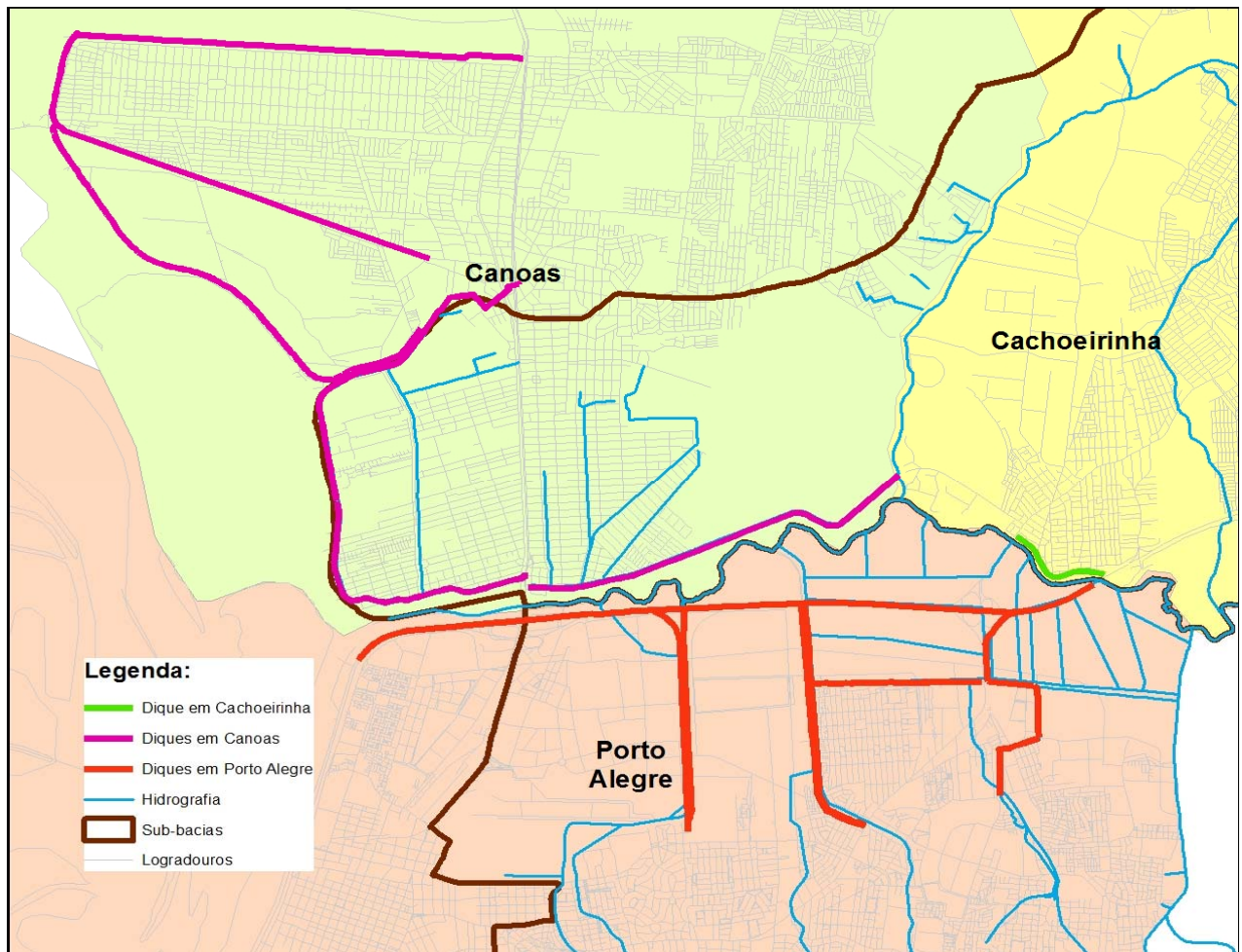


Figura 7 - Diques de Porto Alegre, Canoas e Cachoeirinha
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Cheias e Prejuízos Associados

A precipitação na bacia do Gravataí, assim como em todo o estado do Rio Grande do Sul, apresenta um regime homogêneo ao longo do ano, elevando suas médias no inverno, quando os sistemas convectivos se deslocam para o sul da região sul do Brasil, onde frequentemente registram-se eventos de ciclogênese (formação de ciclones).

De toda a área da bacia, as estações Morungava e Porto Alegre apresentam as maiores influências dentro do perímetro estudado, 21 e 22 % respectivamente e totais anuais de 1592 mm e 1545 mm, segundo o estudo realizado pelo PRH-GRV, através dos polígonos de Thiessen. As equações IDF geradas pelo PRH-GRV para as nove estações pluviométricas existentes na região próxima a bacia, são apresentadas pelo Quadro 7, e têm o formato padrão:

$$i = \frac{a \cdot Tr^b}{(t_d + c)^d}$$

Onde:

- i = intensidade de precipitação (mm/h);
- Td = tempo de duração da chuva de projeto;
- Tr = Tempo de Retorno adotado (anos);
- a, b, c, d = parâmetros ajustados para a região.

Quadro 7 - Equações IDF para as estações pluviométricas da região da Bacia

Tr (Anos)	2950016 Glorinha	2950017 Lagoa dos Barros	2950059 Agropec. Anjú	2950060 Sto.Ant. da Patrulha	2950061 Morungava	2950062 Faz. N.S. da Conceição	3050008 Lombas	2951028 Sapucaia do Sul	3051011 Porto Alegre - (83967)
5	92	100	88	94	100	117	83	98	90
10	105	117	98	104	110	136	92	111	103
20	117	133	106	113	120	154	102	123	115
25	121	138	109	117	123	160	104	127	119
50	133	154	118	126	133	177	113	139	131
100	145	170	126	136	142	194	122	151	142
1.000	184	223	154	167	174	252	151	190	182
10.000	224	275	183	198	205	309	180	229	221
Max.Obs*	125	189	94	112	116	157	109	146	139
PARÂMETROS IDF									
A	1120,06287	1228,3936	1072,6904	1134,1207	1214,2131	1438,31763	1006,77362	1195,74982	1094,85799
B	0,10794362	0,1207289	0,0901351	0,09284319	0,0890896	0,11605786	0,09582454	0,10321263	0,10908171
C	14,1590724	14,159727	14,156444	14,1397211	14,153867	14,1440298	14,1593582	14,1418578	14,1632533
D	0,77367803	0,7736785	0,7736409	0,77355995	0,7736587	0,77358123	0,77364333	0,77356315	0,77369529

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

O Quadro 8 apresenta a listagem das Estações Fluviométricas, conforme Agência Nacional de Águas - ANA/hidroweb.

Quadro 8 - Estações Fluviométricas no Rio Gravataí.

CÓDIGO	NOME	CURSO D'ÁGUA	MUNICÍPIO	ÁREA DE DRENAGEM (km²)	RESPONSÁVEL / OPERADORA
87398700	Banhado Grande	Banhado Grande	Santo Antônio da Patrulha	637,92	ANA/CPRM
87398800	Passo Grande	Arroio Passo Grande	Glorinha	120,16	ANA/CPRM
87399000	Passo das Canoas Auxiliar	Rio Gravataí	Gravataí	1.651,17	ANA/CPRM
87400000	Passo das Canoas	Rio Gravataí	Gravataí	1.656,74	ANA/CPRM
87401600	Cerâmica Cherubini	Arroio Demétrio	Gravataí	198,83	ANA/CPRM
87401700	Gravataí - CORSAN	Rio Gravataí	Gravataí	1.661,54	ANA/Desativada
87401800	Passo Feijó	Arroio Feijó	Porto Alegre	44,49	ANA/Desativada
87406000	Albatroz	Rio Gravataí	Canoas	1.975,43	ANA/CPRM
87410200	Gravataí 31	Rio Gravataí	Porto Alegre	2.018,06	DMAE/DMAE
87403000	Gravataí GI	Rio Gravataí	Alvorada	1.896,73	DMAE/DMAE

Fonte: PRH-GRV/2012

O comportamento do Rio Gravataí, dependente diretamente das oscilações do nível do Lago Guaíba e o Complexo do Delta do Jacuí pode ser identificado, principalmente, nas Estações "Passo das Canoas" e "Passo das Canoas Auxiliar", provocando remanso, conforme IPH/CPRM (2002).

Assim, salienta-se que, a utilização de dados de "nível d'água" feitos na leitura da régua das estações fluviométricas deve ser feita com cautela e discernimento, considerando-se os níveis das referidas estações, desde que associados ao nível simultâneo do Lago Guaíba.

Observa-se que a cota limite de efeito de remanso na Estação Passo das Canoas é de 300 cm.

Desta forma, se a cota na estação Passo das Canoas é menor a 300 cm, a vazão é determinada interpolando-se os valores, em função das cotas observadas em Passo das Canoas e na Praça da Harmonia, concomitantemente (IPH/CPRM, 2002).

O PRH/GRV salienta que durante períodos de estiagem, com águas baixas, o efeito do remanso é significativo, por isso, a precisão e a confiabilidade na estimativa da vazão diminuem fato este importante quando da simulação do comportamento do Rio Gravataí através da modelagem matemática.

• **Simulações de Cheias no Gravataí**

Os "Estudos Básicos e Pesquisas Especiais na Região do Rio Gravataí" foram elaborados no âmbito da ajuda técnica da República Federal da Alemanha em 1971.

Já o estudo mais atualizado em se tratando do controle de cheias na bacia foi realizado pelo PRH-GRV, que apresenta simulação das inundações, considerando TRs de 1, 2, 5, 10, 20, 25, 50 e 100 anos.

Esta simulação de 2012 foi realizada tendo como base um cenário mais atualizado, do que aquela realizada em 1971, e concluiu que se aproximam as manchas de inundação para os dois estudos.

Em termos de inundações frequentes na área em estudo destacam-se as seguintes ocorrências:

- Inundações relacionadas à calha de inundação natural do Rio Gravataí, causadas pelas elevações naturais do rio que atingem as ocupações urbanas ribeirinhas, a partir de Gravataí, incluindo Viamão, Alvorada e Cachoeirinha;
- Inundações relacionadas às calhas dos afluentes do Rio Gravataí, causadas pelas elevações naturais do rio que atingem as ocupações urbanas ribeirinhas:
 - o Arroios Demétrio (Gravataí) e Barnabé (Gravataí e Cachoeirinha) e Arroio Brigadeiro (Canoas e Cachoeirinha) pela margem direita;
 - o Arroio Fiúza (Viamão) e Feijó (Porto Alegre e Alvorada) pela margem esquerda;

As áreas de jusante da bacia que não estão protegidas por SPCC sofrem inundações praticamente anuais, estando relacionadas à ocupação urbana indevida de áreas ribeirinhas.

✓ Erosão e Produção de Sedimentos na Bacia

Apresentam-se inicialmente as informações básicas referentes aos dados secundários relacionados à erosão e produção de sedimentos na bacia do Rio Gravataí, e posteriormente no presente relatório, discute-se com maior profundidade, na apresentação da análise dos impactos ambientais relacionados ao tema.

O PRH-GRV realizou medidas de concentração de sedimentos em suspensão e descargas líquidas em três seções do Rio Gravataí, em jul/2011, e com base nestas amostras, foram estimadas as descargas sólidas na Ponte Chico Lomã, Ponte Maurício Barcelos e Passo das Canoas Auxiliar.

O Quadro 9 apresenta os valores medidos de descarga líquida e concentração de sedimentos em suspensão, assim como, a estimativa da descarga líquida nos três postos: Passo das Canoas Auxiliar, Ponte Mauricio Barcellos e Ponte Chico Lomã.

Quadro 9 - Descargas líquidas e sólidas nas seções

Seção	Área (km ²)	Q (m ³ /s)	Concentração (g/l)	Qss (t/dia)
Passo das Canoas Auxiliar	1419,3	159,3	0,0394	541,9
Ponte Maurício Barcellos	764,1	83,8	0,033	238,7
Ponte Chico Lomã	186,2	5,5	0,0269	12,7

Fonte: PRH-GRV/2012

O mesmo PRH-GRV aponta de forma alarmante:

“O estudo da Agrar und Hydrotechnik, de 1971, denominado de Estudos Básicos e Pesquisas Especiais na Região do Rio Gravataí descreve problemas de erosão laminar e voçorocas em uma área de 30.178 hectares (17,3% da bacia) sobre as unidades Bom Retiro, Gravataí, Camaquã e Itapuã”.

O estudo realizado pela CPRM e Metroplan em 1994, no âmbito do projeto PROTEGER, digitalizado em 2013 pelo LABGeo - UFRGS sobre suscetibilidade e erosão na bacia do Gravataí, foi devidamente incluído no Produto 5 - Base de Dados do presente trabalho, e que apresenta contribuições relevantes ao tema.

Segundo os autores, os fatores erosivos são de ordem:

- Natural: o clima, com o regime de precipitação do local; relevo, que, apesar de plano, possui áreas com voçorocas e as variáveis físicas dos solos, como textura, estrutura, profundidade e permeabilidade.
- Antrópicos: o desmatamento intenso, a abertura de estradas em locais geologicamente inadequados; a construção de barragens, desenvolvimento de áreas agrícolas, mineração e expansão urbana desenfreada.

Na região do Banhado Grande, mesmo tendo sido classificado como risco baixo ou moderado no mapa de suscetibilidade, observa-se o fenômeno crescente de formação de voçorocas, tanto em extensão quanto em largura, tendo sido inclusive tema de artigos acadêmicos de pesquisadores do Laboratório de Geoprocessamento e Análise Ambiental (LAGAM), vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto da UFRGS.

O manejo da drenagem para a atividade de rizicultura de forma incompatível com a fisiografia da região tem sido apontado como uma das causas mais prováveis para esse alarmante fenômeno.

GUASSELLI et al. (2014) apresentaram estudo referente ao avanço de uma voçoroca na área limite de jusante do Banhado Grande, através da análise de imagens de satélite de 2003, 2010 e 2012, associando diretamente o acelerado incremento da área erodida em mais de 5 vezes a área original, à ampliação do canal de drenagem para o arroz irrigado, na área limite do Banhado Grande.

O resultado do trabalho evidencia o avanço da degradação do solo e perda de vegetação, sendo em termos quantitativos:

- 2003: 1.409,77 m²;
- 2010: 7.956,98 m² (incremento linear de 66 % a.a. desde 2003);
- 2012: 8.814,27 m² (incremento linear de 14 % a.a. desde 2010);

✓ **Qualidade da Água no Sistema de Drenagem e o Monitoramento**

Foram identificados em todos os PMSB dos municípios que compõem a bacia do Rio Gravataí, registros da degradação da qualidade da água de escoamento no sistema de drenagem existente, seja pela constatação durante vistorias do odor característico de esgotos sanitários sem o devido tratamento, ou visualmente pela coloração da água e ainda pela presença de resíduos sólidos e sedimentos.

Percebe-se que em Glorinha, onde a urbanização se encontra no estágio inicial, e o sistema de esgoto em implantação (cerca de 45 % do total da área urbana), os efeitos degradantes em relação aos recursos hídricos não se fazem notar de maneira significativa.

Mesmo assim o PMSB de Glorinha aponta a presença de esgotos sem tratamento na rede pluvial em alguns locais não identificados na rede de microdrenagem existente.

Na sequência pode-se apontar Santo Antônio da Patrulha, que já apresenta locais onde a degradação da qualidade da água é significativa, sobretudo nos Arroios Pitangueira e Passo dos Ramos, que cruzam a área urbana.

Os demais municípios, que se encontram no trecho de jusante da bacia, com densidades populacionais elevadas, apresentam sérios problemas em se tratando da qualidade das águas de escoamento na rede pluvial.

Por se tratarem de sistemas projetados e construídos para funcionarem exclusivamente como estruturas de coleta e transporte de águas pluviais, as redes que recebem esgotos não tratados, sedimentos e resíduos sólidos, operam em condições adversas, com comprometimento em termos de desempenho e reduzindo sua vida útil.

Segundo os dados analisados referentes ao ano de 2011, último ano de medição apresentado, os pontos de monitoramento, no total de sete (Chico Lomã, Canal, Passo dos Negros, Passo das Canoas, Cachoeirinha, Arroio Areia e Foz), apresentam qualidade de suas águas que iniciam com índice Regular nas regiões altas (Chico Lomã, Canal e Passo dos Negros) e a medida que evoluem para a Foz, caem, chegando ao índice de Muito Ruim.

O PRH-GRV salienta ainda a presença de captação e drenagem de água para a lavoura de arroz, localizada a montante das captações dos SAA de Gravataí e Alvorada, o que gera conflitos de uso pela quantidade e qualidade principalmente nas épocas de estiagem prolongada.

Análise dos resultados do monitoramento realizado pela FEPAM em 08/08/2016 indica que a qualidade da água na foz do Rio Gravataí apresenta piores índices em todos os parâmetros estudados, se comparados com os pontos mais a jusante no Lago Guaíba, com destaque àqueles relacionados ao lançamento de esgotos cloacais sem o devido tratamento, como a DBO, DQO, nitrogênio, fosfatos e cianobactérias.

As metas de busca da qualidade das águas até as classes de enquadramento previstas são desafiadoras, e exigem ações pragmáticas principalmente em se tratando do tratamento de esgotos cloacais.

✓ **Prestação dos Serviços de Manejo das Águas Pluviais na Bacia**

A presença dos recursos hídricos configurando os limites físicos intermunicipais gera uma dependência em termos de planejamento no que tange aos diferentes cenários propostos nos PMSBs, e conseqüentemente na Bacia do Rio Gravataí como um todo.

Considerando-se os valores previstos pelos PMSB para implementação das ações estruturais e não estruturais identifica-se evidente carência de recursos.

As possibilidades de concretização das ações e metas dependerão em muito das disponibilidades orçamentárias governamentais ou ainda de espaços de endividamento do setor público envolvido para a obtenção de financiamentos.

No primeiro caso denomina-se de recursos não onerosos, sem custo financeiro e sem amortização (a fundo perdido) e o segundo de recursos onerosos, com amortização e juros.

- **Recursos não Onerosos:** Os recursos não onerosos, obtidos através de recursos fiscais dos orçamentos municipal, estadual e da União (OGU).
- **Recursos Onerosos:** Os recursos onerosos são aqueles de origem interna (em moeda nacional) e os externos (em moeda estrangeira).

O planejamento da evolução urbana e a conseqüente adequação da infraestrutura necessária vêm a serem critérios importantes em termos do presente estudo, haja vista a necessidade de contemplarem-se as carências do sistema de drenagem, abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos, para comunidade que reside na bacia do Rio Gravataí.

O Quadro 10 apresenta, para cada município, a hidrografia limítrofe e as interfaces de recebimento e descarga de recursos hídricos.

Quadro 10 - Interfaces de planejamento existente

Município	Hidrografia Limítrofe	Interface
Cachoeirinha	Arroio Brigadeiro com município de Canoas, Arroio Sapucaia com o município de Esteio, Rio Gravataí com o município de Porto Alegre.	Recebimento direto das águas dos Arroios Brigadeiro e Sapucaia do município de Gravataí.
		Descarrega diretamente no município de Canoas, os Arroios Sapucaia, Brigadeiro e Rio Gravataí.
		Descarrega diretamente no município de Cachoeirinha e Canoas, o Arroio Sapucaia.
Glorinha	Arroio Miraguaia com município de Santo Antônio da Patrulha, Arroio do Pinto com município de Gravataí.	Recebimento direto das águas do Arroio Miraguaia do município de Santo Antônio da Patrulha.
		Descarrega diretamente no município de Gravataí, o Rio Gravataí e Arroio do Pinto.
Santo Antônio da Patrulha	Arroios com o município de Riozinho, Caraá, Osório, Glorinha e município de Taquara, Rio Rolante com o município de Taquara.	Recebimento direto das águas do Arroio Riozinho do município de Rolante e Rio dos Sinos do município de Taquara.
		Descarrega diretamente no município de Osório o Arroio Carvalho e Rio dos Sinos para Caraá.
Gravataí	Rio Gravataí com Viamão e Alvorada, Arroio Barnabé com Cachoeirinha, Arroio do Pinto com município de Glorinha	Recebimento direto das águas do Rio Gravataí de Glorinha e Viamão
		Descarrega diretamente no município de Canoas e Viamão o Rio dos Sinos e Arroio Águas Mortas (Brigadeiro) em Cachoeirinha.
Canoas	Arroio Brigadeiro com Cachoeirinha, Rio Gravataí com Porto Alegre, Rio dos Sinos com Nova Santa Rita. Arroio Sapucaia com Esteio.	Recebimento direto das águas do Rio Gravataí de Cachoeirinha
		Descarrega diretamente no Delta do Jacuí o Rio Gravataí
Porto Alegre	Arroio Feijó com Alvorada, Rio Gravataí com Canoas	Recebimento direto das águas do Rio Gravataí de Alvorada
		Descarrega diretamente no Delta do Jacuí o Rio Gravataí
Viamão	Rio Gravataí com os municípios de Gravataí e Glorinha	Recebimento direto das águas do Rio Gravataí de Santo Antônio da Patrulha
		Descarrega diretamente no município de Alvorada.
Alvorada	Arroio Feijó com Porto Alegre e Rio Gravataí com Porto Alegre	Recebimento direto das águas do Rio Gravataí de e contribuintes de Viamão
		Descarrega diretamente no município de Alvorada.

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

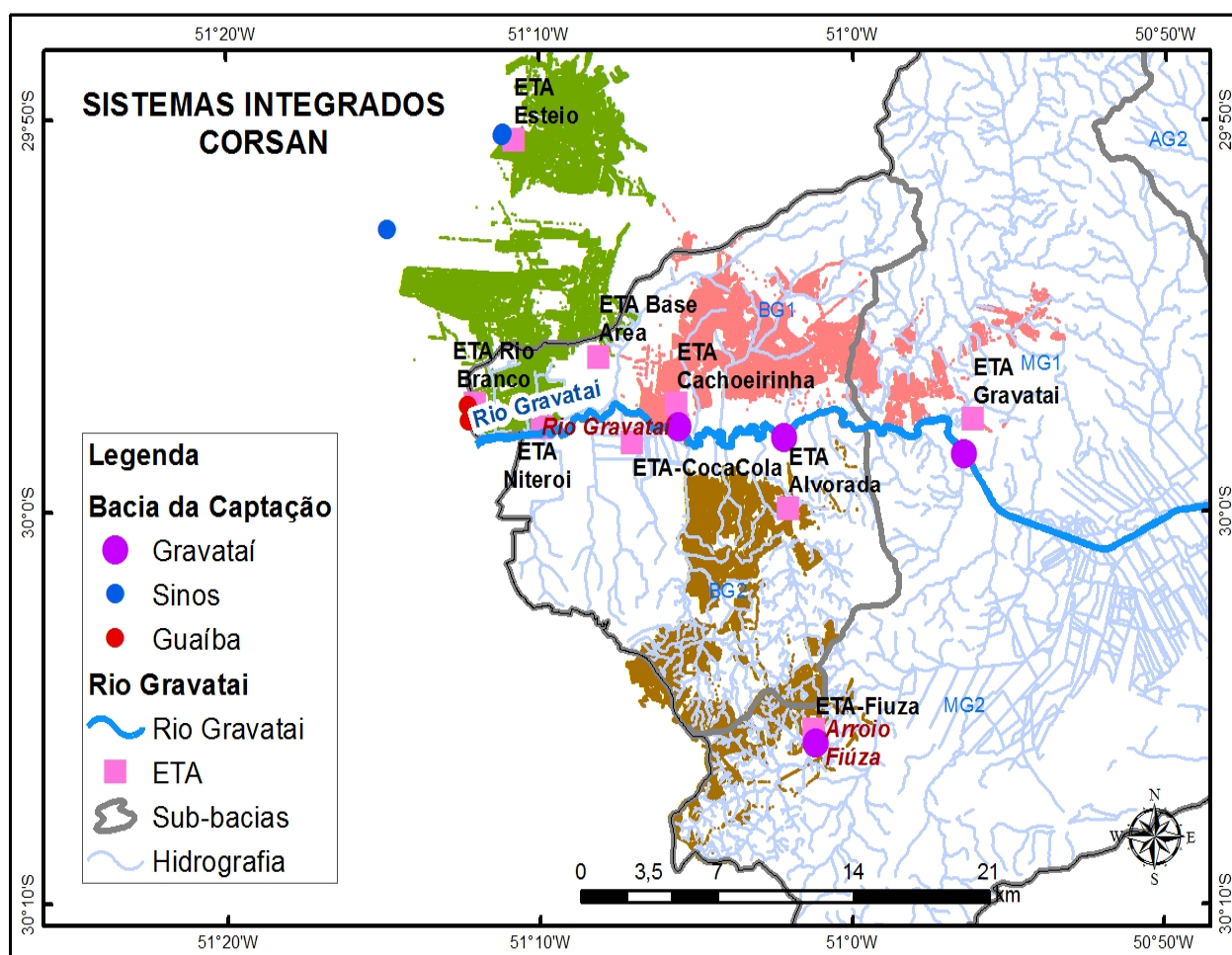
Na sua maioria os municípios da Bacia não possuem instrumentos como Plano Diretor de Drenagem. Tais planos se existissem deveriam estar consolidados e adequados ao Plano Diretor Urbanístico, incluindo um Manual de Drenagem Urbana e um Caderno de Encargos que normatiza os estudos, projetos e obras a serem contratadas pelas Prefeituras.

De uma forma geral, identifica-se a carência de instrumentos de normatização do serviço de fiscalização e acompanhamento de projetos e obras, especificamente relacionados a gestão das águas pluviais, ou seja: os municípios não atendem os quesitos da Lei 11.445/07, que trata da fiscalização e regulação da prestação de serviços de manejo destas águas.

Normalmente as ações de manutenção e desassoreamento das redes de drenagem são realizadas por empresas terceirizadas, bem como elaboração de projetos e execução de obras de recuperação da rede existente.

Com exceção de Porto Alegre, os demais municípios não possuem um cadastro topográfico informatizado do sistema de drenagem como um todo. Sem conhecer a rede existente de fato, não se pode realizar um diagnóstico adequado, e propor medidas de melhoria.

A Figura 8 apresenta os pontos de ligação de água nos sistemas integrados, bem como a localização das captações e das estações de tratamento de água (ETA).



39 / 250

É comum a integração de SAA em áreas conurbadas. Na parte de jusante da bacia do Gravataí, de maior adensamento populacional a CORSAN opera: Sistema Integrado Alvorada e Viamão - SIAV, o Sistema Integrado Cachoeirinha e Gravataí - SIGRAC e o Sistema Integrado Canoas, Esteio e Sapucaia do Sul - SICES.

Esta integração viabiliza a prestação de serviços em termos operacionais e de disponibilidade hídrica para captação, já que os conflitos de uso, principalmente em épocas de estiagens prolongadas são evidentes.

Em alguns casos, são realizadas transposições de outras bacias para o Rio Gravataí, ou seja, as captações dos seguintes municípios ocorrem nos respectivos mananciais:

- Santo Antônio da Patrulha: Rio dos Sinos;
- Sistema Integrado Alvorada e Viamão - SIAV: Lago Guaíba;
- Sistema Integrado Cachoeirinha e Gravataí - SIGRAC: Arroio das Garças;
- Sistema Integrado Canoas, Esteio e Sapucaia do Sul - SICES: Rio dos Sinos e Arroio das Garças;
- Porto Alegre: Lago Guaíba.

Assim, de certa forma, a transposição de outras bacias para os SAA das áreas urbanizadas na bacia do Rio Gravataí, acaba contribuindo positivamente para o balanço hídrico, no quesito quantidade, embora se saiba que o retorno do efluente cloacal (em torno de 80%), sem o devido tratamento, degrada o recurso hídrico em termos de qualidade, principalmente pelo incremento da carga orgânica e consequente aumento de DBO.

Por conta das transposições a CORSAN acaba operando apenas 5 captações de água na Bacia do Rio Gravataí, sendo 2 no SIGRAC, 2 no SIAV e 1 em Glorinha.

A Bacia do Rio Gravataí conta com os seguintes sistemas de captação e abastecimento, que são descritos em maior detalhe no Produto 6:

- Sistema Integrado Alvorada e Viamão - SIAV;
- Sistema Integrado Cachoeirinha e Gravataí - SIGRAC;
- Sistema Integrado Canoas, Esteio e Sapucaia do Sul - SICES;
- Sistema de Água de Santo Antônio da Patrulha;
- Sistema de Água de Glorinha;
- Sistema de Água de Porto Alegre.

Conforme apresentado anteriormente, apenas os SAA de Glorinha, Gravataí, Alvorada e Viamão realizam captação de água bruta para abastecimento público na bacia do Rio Gravataí. Todos eles requerem ampliação da capacidade de captação.

O Município de Gravataí, que integra o SIGRAC, juntamente com Cachoeirinha, está elaborando um estudo de concepção para definir a melhor alternativa para captação de água bruta para SAA, através de consultoria contratada pela CORSAN.

Caso seja ampliada a captação no Arroio das Garças para captação de água bruta para o SIGRAC, o problema recai sobre a capacidade de tratamento, já que no caso de Cachoeirinha, a ETA apresenta restrições de espaço para ampliação.

O SIAV teve recente solução de captação implantada, através da transposição da bacia do Lago Guaíba, já que a vazão oriunda do Rio Gravataí apresenta deficiência em quantidade e comprometimento da qualidade, principalmente por cargas orgânicas.

Canoas pode ampliar sua captação e tratamento, já que não enfrenta problemas de disponibilidade hídrica, por se localizar junto ao Delta do Jacuí.

A limitação que se identifica, refere-se ao comprometimento da qualidade da água, seja por efluentes domésticos, industriais ou metais pesados.

Tanto os sistemas integrados de abastecimento de água (SIGRAC, SIAV e SICES) como os sistemas municipais, vêm apresentando problemas de atendimento, seja por carências no sistema de captação e produção (principalmente no SIGRAC e SIAV), seja em relação aos sistemas de distribuição e reservação.

As redes localizadas em áreas de ocupação mais antigas carecem de substituição, tanto por materiais mais modernos (eliminação de redes de fibrocimento), como por adequação operacional ao planejamento de setorização e otimização operacional.

✓ **Considerações quanto a Disponibilidade Hídrica versus Demanda**

Para fins de análise das questões referentes à disponibilidade x demanda hídrica na bacia do Rio Gravataí apresentam-se as seguintes premissas:

- Demandas para irrigação
 - o São maiores no verão, quando as vazões naturais do rio são menores;
 - o Chegam a ser seis vezes maiores que o somatório de todas as outras demandas (95 % da demanda total);
- Demanda para consumo público:
 - o A CORSAN é a operadora dos SAA localizados na região mais densamente ocupada da bacia (SIGRAC, SIAV e SICES), bem como de Santo Antônio da Patrulha e Glorinha;
 - o Canoas (SICES/CORSAN) e Porto Alegre (DMAE) não dependem, naturalmente, das vazões a serem fornecidas pela bacia;
 - o As concepções atuais dos SAA de Santo Antônio da Patrulha (Sistema independente) e Cachoeirinha (SIGRAC), embora tenham suas áreas urbanas localizadas na bacia, fazem suas captações fora, no Arroio das Garças e Rio dos Sinos, respectivamente;
 - o Gravataí (SIGRAC), Alvorada e Viamão (SIAV) captam parte de suas demandas do Rio Gravataí, e complementam com o Arroio das Garças e Lago Guaíba;
 - o Os estudos de concepção para os SAA integrados, estão em fase de "replanejamento", conforme informações obtidas junto a prestadora de serviços, o que pode alterar algumas questões em termos de cenário futuro;
 - o Representa 4% da demanda total;
- Demandas restantes (industrial e pecuária) embora sejam fundamentais, representam valores menores dentro do planejamento global (1 % da demanda total);

- As demandas totais superam os valores de disponibilidade hídrica;
- Lei 9.433/1997 prevê prioridade de abastecimento para consumo público, dessedentação animal e demais usos, nesta ordem;
- Embora o Plano de Recursos Hídricos da bacia esteja concluído, identifica-se a ausência de uma efetiva implementação da política de outorga de uso, com fiscalização rigorosa e monitoramento do uso da água, principalmente em relação à agricultura que prevalece em termos de quantitativos sobre os demais usos, principalmente durante o verão;
- Recuperação ambiental das APPs ao longo dos rios, e de áreas de altas declividades, áreas de banhados e reservatórios de acumulação deve contribuir para o resgate do maior equilíbrio do ciclo hidrológico, com incremento da regularização da vazão natural, bem como na qualidade da água e redução dos efeitos de assoreamento;

A recuperação das áreas de banhado na bacia pode favorecer a regularização natural das vazões, porém este efeito, embora positivo, não é suficiente para garantir o atendimento das demandas hídricas na bacia sem falhas.

Para aumentar a disponibilidade hídrica são necessárias outras proposições que sejam ou estruturais por meio de reservatórios (barragens de acumulação) ou adutoras (transposição de bacias), ou não estruturais como a redução de plantio de área de arroz, haja vista a incapacidade atual de se atender as demandas de consumo projetadas para a área em estudo.

A conclusão apresentada identifica, que por mais que a estrutura biofísica do banhado como ecossistema em equilíbrio seja resgatada aos padrões originais, em termos de superfície e abrangência, a vazão incremental regularizada somada às condições atuais de regularização, não seriam suficientes para atendimento das demandas totais da bacia.

Ainda sobre o Banhado Grande, cabe salientar a importância de obtenção de um quadro mais completo sobre ao fluxo de suas águas e sua contribuição aos mananciais superficiais.

Para tanto devem ser realizados estudos adicionais, que contemplem uma investigação detalhada sobre o comportamento das águas subterrâneas no terço inicial da bacia hidrográfica, bem como o seu padrão de escoamento, identificando se o mesmo é realmente convergente para a região do banhado ou para outras sub-bacias do entorno.

3.4.5 Sistemas de Esgotamento Sanitário - SES

Salienta-se que além da solução de problemas referentes à regularização de vazão para fins de abastecimento, em se tratando de “quantidade” de água, o aspecto “qualidade” não deve ser ignorado, haja vista ausência de sistemas de coleta e tratamento de efluentes domésticos conforme apontado pelo presente diagnóstico, bem como pela presença de agricultura irrigada com a utilização de fertilizantes e defensivos agrícolas.

Entretanto, a potencial localização de reservatórios se dá em áreas de menor ocupação urbana, e sobretudo a montante do aglomerado populacional.

Assim quando da identificação e localização dos reservatórios propostos para acumulação e regularização de vazões em épocas de estiagens prolongadas, devem ser considerados os efeitos danosos em relação à qualidade da água, seja em função do lançamento de efluentes domésticos não tratados, ou ainda por fertilizantes e defensivos agrícolas.

São evidentes as interfaces da drenagem urbana com os Sistemas de Esgotamento Sanitário - SES, na área de abrangência deste estudo, seja pela utilização da rede pluvial como coletora e afastadora de efluentes não tratados, ou ainda nas alterações de operação dos sistemas de tratamento de esgotos, quando da ocorrência de precipitações devido ao aumento da vazão, ocasionado pelas ligações clandestinas.

Os PMSB e PRSB evidenciam estes problemas em todos os municípios estudados. Com exceção de Porto Alegre (DMAE) todos os demais municípios são atendidos pela CORSAN em relação ao SES, incluindo-se a prestação de serviços de SAA.

As características específicas dos SES dos municípios que compõem a Bacia do Rio Gravataí são apresentadas com detalhe no Produto 6, com ênfase naqueles que interferem com a drenagem das águas pluviais e sua qualidade. São os seguintes:

- SES de Santo Antônio da Patrulha;
- SES de Glorinha;
- SES de Gravataí;
- SES de Viamão;
- SES de Alvorada;
- SES de Cachoeirinha;
- SES de Canoas;
- SES de Porto Alegre.

Ficou identificado o lançamento de resíduos de maneira irregular em áreas de fragilidade ambiental, também se constatou o lançamento de efluentes sanitários sem tratamento em corpos d'água na região urbanizada, paradoxalmente, mesmo em áreas atendidas pela rede coletora.

Esse lançamento de esgotos sanitários nos arroios, córregos e afluentes, contamina as águas que são transportadas à jusante comprometendo sua qualidade, o que se constata a partir da área urbanizada do rio, mais especificamente no município de Gravataí.

O cenário atual encontra-se em modificação, com o significativo esforço de implantação e ampliação de sistemas de esgotamento sanitário.

Mesmo assim, o monitoramento da estrutura em operação é de extrema importância.

Observou-se a ocorrência de cancelamento de licença de operação em alguns sistemas na Bacia do Gravataí, justamente por questões de monitoramento e gestão.

As metas de atingimento da qualidade das águas do Rio Gravataí e afluentes em relação ao enquadramento previsto pelo PRH-GRV, depende diretamente da evolução dos SES, principal fonte de degradação.

Os sistemas de saneamento na área em estudo, de maneira geral, apresentam-se deficientes na bacia hidrográfica do Rio Gravataí, principalmente em seu trecho de jusante, de maior densidade populacional, em função de um deficiente planejamento integrado em termos de infraestrutura existente, em relação àquela considerada necessária, embora em sua totalidade têm sua universalização já planejada pelos PMSB, previstas para longo prazo.

Segundo Tucci¹:

- Cabe ao município a gestão dos impactos negativos gerados pela urbanização nas cidades, tendo como instrumentos os aspectos regidos pela legislação municipal e ações estruturais específicas;
- A gestão dos recursos hídricos tem sido realizada por meio da bacia hidrográfica (comitês de bacia), no entanto a gestão do uso do solo é realizada pelo município ou grupo de municípios em uma região metropolitana.
- O plano da bacia dificilmente poderá envolver todas as medidas em cada cidade, mas devem estabelecer os condicionantes externos às cidades, como a qualidade de seus efluentes, as alterações das vazões naturais dos cursos d'água, sua quantidade para evitar a transferência de impactos.
- A gestão do ambiente interno da cidade trata de ações dentro da cidade, para atender aos condicionantes externos previstos no plano de bacia.

O planejamento de médio prazo prevê um avanço significativo, incluindo a execução de obras em pleno andamento, e previsão de conclusão em longo prazo.

Embora os PMSB estejam concluídos, e a implantação e operação dos SES seja prioridade de todos os municípios, pode-se afirmar que a resolução deste problema de significativa importância para a redução da degradação dos recursos hídricos se dará apenas em longo prazo.

A dificuldade de implantação de redes coletoras em centros urbanos consolidados retarda o avanço esperado para consolidação dos SES e sua entrada em operação.

A região mais prejudicada é a APA (Área de Proteção Ambiental) do Banhado Grande, que cobre grande parte da bacia (mais de 136 mil hectares) e inclui área urbana dos municípios de Santo Antônio da Patrulha, Glorinha e Viamão.

Segundo o PRH-GRV as unidades de gestão com maior carga orgânica proveniente dos efluentes domésticos urbanos são as dos trechos Baixo Gravataí-Margem Direita e Baixo Gravataí-Margem Esquerda

Nestas unidades se localizam os municípios de Cachoeirinha, Canoas, Alvorada e Porto Alegre, que juntas contribuem com 70,2% de toda carga orgânica, que podem apresentar, dependendo da sua origem, uma constituição química com altos teores de sólidos e nutrientes, com elevados níveis de carbono orgânico total, compostos nitrogenados, fósforo orgânico e inorgânico.

Além dos efluentes domésticos, é comum que os sistemas de coleta de esgotos urbanos também recebam efluentes hospitalares, águas pluviais, resíduos de estabelecimentos comerciais, postos de gasolina, indústrias de pequeno porte, entre outros.

3.4.6 Resíduos Sólidos Urbanos

De maneira similar aos SES, as interfaces da drenagem urbana com os sistemas de coleta, transporte e disposição final de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são evidentes.

¹Tucci, Carlos E. M. Gestão da drenagem urbana/Carlos E. M. Tucci. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012.

Os cursos d'água acabam sendo os depositórios finais seja dos resíduos mal acondicionados, seja da poluição difusa, ou ainda oriunda de lançamentos clandestinos.

Os PMSB e PRSB evidenciam estes problemas em todos os municípios estudados na área da bacia.

Apresentam-se no Produto 6 as características específicas dos sistemas de RSU dos municípios que compõem a Bacia do Rio Gravataí, com ênfase naqueles que interferem com a drenagem das águas pluviais e sua qualidade.

De maneira geral os sistemas de RSU estão operando adequadamente, principalmente em se tratando de coleta e tratamento de resíduos na área de abrangência da cidade formal, conforme a análise dos PMSB.

Na prática, entretanto, identificam-se problemas significativos relacionados às deposições irregulares de resíduos em locais não licenciados, bem como em relação à poluição difusa, que ao serem transportados pelo escoamento das águas superficiais em direção aos sistemas de drenagem existentes, comprometem seu funcionamento, exigindo ações preventivas e em alguns casos emergenciais para garantir sua operação.

Embora a coleta de resíduos porta a porta esteja adequada em todas as cidades, a presença de resíduos na rede de drenagem é um fato.

O comprometimento da operação dos sistemas chega a ser significativo, a ponto das instituições responsáveis pela manutenção, normalmente secretarias municipais, disporem de equipes responsáveis pela limpeza de bocas de lobo, bueiros, canais e travessias em pontos estratégicos da cidade, onde são verificados problemas de alagamentos frequentes.

Da mesma forma que os SES, os sistemas de RSU dependem de programas de educação ambiental, que são eficazes somente em médio e longo prazo.

A necessidade é geral de serem implantadas as ações previstas pelos PMSB e Planos de Gestão de Resíduos Sólidos previstos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10), que prevê entre outros:

- Prevenção e a redução na geração de resíduos;
- Aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos;
- Destinação ambientalmente adequada dos rejeitos.

Institui ainda, a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos, os distribuidores, comerciantes, o cidadão e titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos na Logística Reversa dos resíduos e embalagens.

3.4.7 Avaliação dos Impactos Ambientais

Com os resultados gerais apresentados no Produto 6 foi possível observar que houve grandes mudanças desde a década de 50 até os tempos atuais no perímetro ocupado pela APABG e que em cada ambiente o impacto deu-se de forma diferente.

A ocorrência de um evento crítico de seca pode causar graves desequilíbrios hidrológicos, socioeconômicos e ambientais, levando ao surgimento de conflitos pelo uso da água.

Este fato ficou evidenciado com a necessidade de racionamento no abastecimento público, em municípios localizados na bacia hidrográfica do Rio Gravataí, entre os meses de janeiro e março de 2005, revelando a escassez da infraestrutura na região, agravada pela escassez hídrica, conforme evidenciado por Germano e Sotério, 2011.

A disponibilidade de água não atende à demanda da Bacia para usos diversos, anunciando situações mais críticas nos próximos anos, o que mais uma vez corrobora com a necessidade de medidas de recuperação ambiental principalmente nas áreas do entorno do sistema Banhado Grande.

A renaturalização ambiental tem como objetivos recuperar rios e córregos de modo a regenerar o mais próximo possível a biota natural, através do manejo regular ou de programas de renaturalização, preservar as áreas naturais de inundação e impedir quaisquer usos que inviabilizem tal função.

Tendo em vista as transformações ambientais na área da APA do Banhado Grande, entende-se necessário inserir no Comitê e Conselho gestores da bacia do Gravataí a discussão acerca do conceito de renaturalização de rios, demonstrando o potencial desta técnica com baixos impactos e muitos benefícios para o ecossistema.

Além de seguir a dinâmica do rio, que tende sempre a buscar um equilíbrio migrando seus meandros e estabilizando naturalmente, através de suas curvaturas, a vazão do corpo d'água.

BRENNER, 2015, afirma que pequenas intervenções físicas no leito e canal, de acordo com Sutili (2004), apoiadas ou não por medidas vegetativas, podem alterar características como a velocidade da água e a tensão de erosão suportada pelo leito, controlando os processos fluviais e proporcionando um direcionamento do sistema à renaturalização.

Essas intervenções encontram-se dentro do campo da bioengenharia de solos, que consiste no uso de elementos biologicamente ativos (como vegetação) junto a elementos inertes (como madeira) em obras ou pequenas intervenções de estabilização de solos, margens e sedimentos, o que seria uma solução inicialmente viável para devolver às características meandrante do Rio Gravataí.

Para isso, é estritamente necessária a elaboração de um projeto detalhado, que leve em consideração o diagnóstico de cada caso e as metas, onde também serão escolhidos os métodos mais adequados para a recuperação de cada situação, bem como os procedimentos para sua execução e os parâmetros para sua avaliação e monitoramento (BOENI, 2016; BRANCALION et al., 2015; ISERNHAGEN et al., 2009).

Com isso, entende-se que não é possível encontrar uma única solução para a recuperação do Sistema Banhado Grande, a qual possa ser aplicada em toda sua extensão. Como dito, se faz necessário um investimento para a elaboração de um projeto responsável que identifique cada situação e os melhores métodos para sua recuperação.

Sobre os principais impactos avaliados na região da Bacia do Gravataí, especialmente sobre a área da APA do Banhado Grande, fazem-se algumas ponderações a serem levadas em consideração quanto à promoção de estudos mais aprofundados dos temas e áreas:

- Sobre o Rio Gravataí - Proposição de retomada do traçado meândrico do rio, reduzindo a velocidade de escoamento. Depois de certo tempo, os processos erosivos fluviais se estabilizariam e assim, facilitam o ressurgimento da biota, e consequentemente a revitalização do rio.
- Em comparação à situação atual (rio retificado), necessita-se de mais áreas marginais. A mata ciliar melhora as condições ecológicas, hidrológicas e morfológicas. Por isso, nesses trechos de rios deve-se proteger ou plantar mata de espécies nativas (SELLES et al., 2001).
- Sobre as voçorocas que se encontram em pleno processo de evolução. Embora seja esperada uma velocidade menor de evolução de cada voçoroca já existente, espera-se também o surgimento de novas voçorocas em outros pontos ao longo do canal que poderiam ser controladas com a implantação de barreiras transversais ao escoamento da água.
- Sobre o canal do DNOS - o processo erosivo do canal deve ser ampliado nos próximos anos, especialmente nas curvas de 90° e na curva fechada localizada ao final do acesso da Granja Quatro Irmãos.
- Sobre a vegetação - a perda ou a redução significativa do encharcamento superficial do solo promoverá uma alteração da fitossociologia, com o favorecimento de espécies higrófilas. Com isso, haverá um favorecimento à ocupação dos campos com gado e até com lavoura e a expansão do número de maricás;
- Sobre a fertilidade do solo - A drenagem do solo favorecerá a oxidação desta matéria orgânica, atualmente protegida pelo ambiente reduzido. Esta oxidação elevará momentaneamente a fertilidade natural do solo, mas o processo se esgotará em pouco tempo, por não haver uma reposição de material orgânico com a mesma velocidade. A tendência então é de redução da fertilidade natural do solo com o passar do tempo, com redução da cobertura vegetal e favorecimento da erosão eólica.
- Sobre a disponibilidade hídrica - Segundo HANCK, 2013, a bacia hidrográfica do Rio Gravataí vem apresentando problemas de ordem hídrica, de poluição e de redução da área de banhados. A falta de água para abastecimento das cidades de Alvorada, Cachoeirinha e Gravataí atinge mais de 3 m³/s.

A adoção de medidas intervencionistas bem planejadas, a partir dos principais impactos levantados aqui neste trabalho, em conjunto com ações de conscientização, deverão surtir efeito em médio prazo, melhorando inclusive a qualidade de vida das comunidades humanas, fauna e flora do sistema Banhado Grande, e consequentemente, à população que vive na área da Bacia.

A proposição de ações de recuperação e preservação das áreas de banhado devem ser realizadas: inicialmente através da contenção dos fenômenos erosivos em plena expansão, de maneira emergencial, e posteriormente a implementação de medidas preventivas, através de ações estruturais e não estruturais eficazes.

3.4.8 Conclusões

A evidente pressão por urbanização na Região Metropolitana de Porto Alegre compete diretamente com a necessidade de preservação de áreas ribeirinhas, e interfere diretamente na dinâmica do rio, já alterada, e que apresenta frequentes ocorrências de inundações.

Conforme constatado a única alternativa real e em vigor atualmente para minimizar os casos de necessidade de atendimento por conta de enchentes mais severas, são os atendimentos efetuados pelos setores de Defesa Civil, bombeiros e saúde pública.

Na sua maioria, carecem de ações concretas como adoção de medidas estruturais ou não-estruturais contribuir nas ações preventivas e de emergência, visando a solução ou mitigação dos problemas oriundos dessa natureza.

É preciso que o avanço urbano tenha um planejamento que considere a “zona de passagem das enchentes” (TUCCI, 2007), ou seja, que essa faixa deva ficar desobstruída, favorecendo a passagem de cheias sazonais, evitando danos de monta e represamentos.

Assim como, a delimitação da Planície de Inundação, através do mapeamento do evento de Tempo de Retorno igual a 100 anos.

Entre os municípios da área em estudo, com exceção de Porto Alegre (Departamento de Esgotos Pluviais - DEP) não possuem instrumentos como Plano Diretor de Drenagem consolidados e adequados ao Plano Diretor Urbanístico, incluindo um Manual de Drenagem Urbana e um Caderno de Encargos que normatiza os estudos, projetos e obras a serem contratadas pelas Prefeituras.

Para os demais municípios, identifica-se a carência de instrumentos de normatização do serviço de fiscalização e acompanhamento de projetos e obras, especificamente relacionados à gestão das águas pluviais, como um caderno de encargos, ou manual de projetos, com objetivo estabelecer diretrizes e detalhamentos que orientem para a execução dos serviços e obras contratados.

A drenagem urbana vem sendo convocada para estabelecer soluções estruturais e não estruturais para este complexo cenário de aumento de densidade populacional, com efetiva degradação ambiental pela supressão da flora nativa e consequente efeitos à fauna associada, consequência do crescimento dos grandes centros urbanos.

As interfaces regionais, em se tratando de território e de regime de escoamento, devem prevalecer sobre interesses intramunicipais como de desenvolvimento urbano através da especulação imobiliária a qualquer preço.

Importante se faz que todas as estruturas previstas para implementação promovam o escoamento regular das águas, que previnam inundações locais tanto a jusante como a montante dos municípios, que proporcionem segurança sanitária, patrimonial e ambiental.

Além dos problemas com inundações, a Bacia do Gravataí conforme já mencionado anteriormente a Bacia sofre com problemas de escassez de água.

O crescimento da população nas áreas urbanas tem aumentado a demanda por água, e comprometendo sua qualidade, devido à carência de infraestrutura e falta de acompanhamento das obras de saneamento ambiental.

Para equilibrar a disponibilidade hídrica versus a demanda são necessárias outras proposições estruturais e não estruturais, haja vista a incapacidade atual de se atender as demandas de consumo projetadas para a área em estudo.

Os conflitos pelos usos da água na bacia são evidentes e mostra-se necessário fazer ajustes em função das outorgas e implementação de um efetivo sistema de fiscalização e cobrança, haja vista competição pelo recurso hídrico principalmente ao longo do período primavera/verão, quando a demanda para irrigação orizícola cresce significativamente, reduzindo a disponibilidade hídrica para abastecimento humano, função específica do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Gravataí.

Uma medida não estrutural que deve ser proposta de forma a aproximar a demanda existente à disponibilidade hídrica na bacia, está relacionada com a recuperação de áreas originais do banhado, através da redução das áreas utilizadas pela rizicultura, que foram drenadas pela alteração do traçado e profundidade do rio (originalmente meândrico e dinâmico), através do canal do DNOS (linear e mais aprofundado).

Assim é importante verificar a necessidade de reduzir o volume necessário para a rizicultura, que compõe a maior parcela da demanda total, sendo objeto de estudo nos capítulos subsequentes.

Nas áreas de cultivo e produção de arroz, nas últimas décadas ocorreu um rápido processo de erosão, que pode levar a perda significativa do solo e o consequente processo de voçorocamento dos canais de drenagem do Banhado Grande.

A erosão é um processo de degradação do solo fortemente ligado a atividades da agricultura, e no caso da APABG, a rizicultura ocupa uma área plana significativa, ocupando mais de 20.000 ha, predominantemente na área denominada Sistema Banhado Grande (entre o próprio Banhado Grande e o Banhado dos Pachecos).

No ano de 2003 a erosão mapeada possuía uma área de abrangência de 1.409 m² e passou para 8.814 m² em 2012.

O processo erosivo está associado ao contorno do fluxo da água superficial nos meses com grandes precipitações, e o alargamento da erosão está associado ao carregamento das partículas de solo por influência do fluxo da água do lençol freático.

A retirada de água do Banhado para a utilização na rizicultura também parece contribuir como a principal causa para diferenças espaço-temporais da vegetação.

No período de verão, quando ocorre a maior retirada de água do Banhado, pode ocorrer um aumento anômalo da produção primária de macrófitas aquáticas, porque a água que retorna ao Banhado pode conter um maior aporte de nutrientes oriundos de zonas de cultivo de arroz em áreas adjacentes ao Banhado Grande.

Assim no que diz respeito à parte ambiental nos próximos produtos deve-se verificar alternativas para minimizar a erosão da Bacia, bem como para a renaturalização do Banhado e a regularização de suas vazões.

3.5 LEVANTAMENTOS DE CAMPO

3.5.1 Aerofotogrametria

O levantamento aerofotogramétrico foi consolidado através do Produto 8 e oferece subsídios para a elaboração dos demais produtos do presente projeto, além de poder ser disponibilizado publicamente para reuso por interessados nos temas abrangidos.

As atividades executadas foram divididas em 5 etapas, assim definidas:

- Recobrimento Aerofotogramétrico;
- Aerotriangulação;
- Apoio de campo;
- Restituição Aerofotogramétrica.
- Geração de Ortofotos;

✓ **Recobrimento Aerofotogramétrico**

- **Retificação do Termo de Referência**

Conforme reunião realizada no dia 9 de março de 2016, com representantes da METROPLAN, ficou acordada a retificação do termo de referência em relação à resolução do recobrimento aerofotogramétrico.

A especificação de captura de imagens na escala 1:10.000 e geração de produtos na escala 1:2.000 é adequada às normas de aerofotogrametria, que permitem o uso de escala com proporção de 5 vezes nessas fases.

A especificação da escala 1:2.000 para a geração de produtos finais é compatível com a grande maioria dos levantamentos aerofotogramétricos contratados por prefeituras para serem executados em áreas urbanas.

A configuração do tamanho do pixel em uma câmera digital é realizada conforme a altura de voo buscando-se uma equivalência com os parâmetros de câmeras analógicas.

Para uma altura de voo compatível com as escalas 1:10.000/1:8.000, o valor de resolução de uma câmera analógica com distância focal aproximada de 152 mm é de 20 a 25 cm por pixel.

No presente projeto, configurou-se até uma resolução superior, próxima aos 20 cm por pixel. Portanto a resolução apresentada no voo com escala 1:8.000 com GSD 20 cm é perfeitamente compatível para a obtenção de Restituição aerofotogramétrica na escala 1:2000 - PEC "A" - com curvas de nível a cada metro.

Desta forma, atendendo este quesito a cobertura aerofotogramétrica, digital e colorida, foi feita com resolução espacial de 20 centímetros por pixel.

As atividades realizadas nesta fase da cobertura aérea foram:

- o Coleta de informações;
- o Planejamento de voo;
- o Aquisição das imagens aéreas;
- o Etapa pós voo: controle de qualidade.

✓ **Apoio de Campo**

Inicialmente foram obtidas as coordenadas dos pontos de apoio suplementar, para posterior aerotriangulação da área de interesse.

Os pontos de apoio suplementar foram distribuídos de forma regular em quantidade e qualidade suficientes a atender às exigências mínimas dos programas de aerotriangulação a serem utilizados na próxima etapa.

Foi escolhido um total de 89 pontos, como solução suficiente aos trabalhos de orientação da aerotriangulação da cobertura aérea. Optou-se por pontos de duplo apoio (HV), distribuídos em todas as faixas.

Foi adotado o sistema de projeção UTM, sendo que todos os pontos de apoio geodésico estão referenciados ao “DATUM” SIRGAS-2000 e todas as altitudes estão referenciadas ao Marégrafo de Imbituba-SC.

Os valores de ondulação geoidal deste trabalho foram calculadas através do software livre MAPGEO 2015, versão 1.0, disponibilizado pelo IBGE.

✓ **Restituição Aerofotogramétrica Digital**

A restituição estereofotogramétrica é a fase do projeto que consiste na produção do mapa vetorial do projeto, correspondendo à restituição tridimensional das feições geográficas contidas no modelo estereoscópico, utilizando-se as estações fotogramétricas digitais.

Para a execução da etapa de restituição todos os modelos aero triangulados foram repassados para a equipe de restituição que fez uma análise da qualidade da aerotriangulação, carregaram os modelos juntamente com as imagens e verificaram a inexistência de desníveis entre os modelos subsequentes e faixas adjacentes.

De posse das fotografias aéreas devidamente processadas, dos pontos de apoio de campo, dos parâmetros referentes à aerotriangulação, foi realizada a restituição estereofotogramétrica digital dos elementos cartográficos, utilizando-se as estações fotogramétricas digitais.

✓ **Geração de Ortofotos Digitais**

Após a etapa de aerotriangulação procedeu-se a ortorretificação geométrica das fotografias aéreas.

A ortorretificação pode ser definida como uma transformação geométrica aplicada a imagens digitais onde o objetivo é a correção das distorções inerentes a câmara e as diferenças de relevo encontradas na superfície terrestre.

As ortofotos, com precisão na escala 1:2.000, foram obtidas após a etapa de aerotriangulação e a partir do processo de ortorretificação diferencial das imagens aéreas, através de técnicas de cartografia digital com o emprego de equipamentos e softwares específicos para tal fim.

No processo de mosaicagem foi utilizado o software INPHO, módulo OrthoVista.

Para este projeto foi realizada a geração das ortofotos com GSD de 20 cm, referenciados ao “datum” planimétrico SIRGAS 2000 e projetados para UTM no fuso 22S.

Após a mosaicagem, as ortofotos foram recortadas de acordo com a articulação na escala 1:2.000.

Os municípios abrangidos pelo levantamento aerofotogramétrico foram Cachoeirinha, Gravataí, Viamão, Alvorada e a região do Banhado Grande, que se localiza nos municípios de Glorinha, Gravataí, Viamão e Santo Antônio da Patrulha.

3.5.2 Topobatimetria

Este documento foi consolidado através do Produto 9 e oferece subsídios para a elaboração dos demais produtos do presente projeto, além de poder ser disponibilizado publicamente para reuso por interessados nos temas abrangidos.

Como insumo e elemento fundamental para a elaboração de futuros estudos de modelagem hidrodinâmica na bacia hidrográfica do Rio Gravataí, visando o desenvolvimento de medidas de controle de inundações estiagens na sua área de influência, foi executado o levantamento de seções topobatimétricas.

Algumas destas seções foram perpendiculares à direção do fluxo do curso d'água principal e outras no curso de alguns tributários, na quantidade limitada pelos Termos de Referência e com localização definida pela programação de levantamento.

Desta forma, foram executados os seguintes quantitativos de levantamentos topobatimétricos:

Quadro 11 - Quantitativos topobatimétricos

Localização das Seções	Extensão (m)
Rio Gravataí	131.680
Arroio Barnabé	5.701
Arroio Barnabezinho	1.367
Arroio Brigadeiro	876
Arroio Demétrio	1.304
Arroio Passo Grande	2.405
Total	143.333

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ **Implantação de Cotas e Coordenadas**

Para a amarração planialtimétrica das seções topobatimétricas foram implantados marcos principais de concreto em locais seguros e de fácil localização, para permitir sua utilização por um longo período. As monografias dos marcos utilizados estão anexas ao Produto 9.

O transporte de cotas e coordenadas para os marcos principais foi realizado por rastreamento geodésico de satélites (GPS) a partir de marcos da rede oficial do IBGE com locação através de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), Datum SIRGAS 2000 no fuso apropriado (22).

Foram utilizadas estações da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo pertencente ao IBGE) e marcos do tipo SAT, também pertencentes ao IBGE.

Foi determinada a altitude geométrica ou elipsoidal e a altitude ortométrica ou geoidal. Para tanto, foram corrigidas as altitudes geométricas obtidas pelo rastreo GPS descontando a ondulação geoidal para obtenção da altitude ortométrica.

✓ **Poligonal de Apoio**

As seções topobatimétricas e outros pontos de interesse foram levantados através de poligonal eletrônica apoiada, amarrada planialtimetricamente aos marcos intermediários de apoio e aos marcos principais.

As poligonais de apoio implantadas são de classe IIP da Tabela 7 - Levantamento Planimétrico - Poligonais, da Norma Técnica da ABNT, NBR 13133 - Execução de Levantamento Topográfico - e têm como vértices de partida, orientação inicial, chegada e orientação final, os marcos principais estabelecidos por rastreamento de satélites, a partir de marcos oficiais da rede do IBGE, cujo DATUM utilizado foi o SIRGAS 2000 e marégrafo de Imbituba, ambos do Sistema Geodésico Brasileiro.

Os produtos entregues e anexos ao Relatório Técnico 9 em mídia digital são:

- Monografia;
- Peças Gráficas;
- Fotos;
- Certificado de calibração do Equipamento.

3.6 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os Estudos Hidrológicos (Produto 10) tiveram por objetivo geral formar uma base teórica consistente levando em consideração as informações hidrológicas disponíveis para o entendimento dos eventos de cheias e de estiagens no trecho contemplado da Bacia do Rio Gravataí.

Para a realização dos estudos hidrológicos foi necessária a avaliação da caracterização hidrológica da bacia hidrográfica realizada no diagnóstico. Os aspectos mais relevantes quanto à hidrologia é a caracterização do comportamento de cada unidade de gestão. A caracterização fisiográfica, da geologia, pedologia, uso do solo e hidrogeologia são de suma importância para o melhor entendimento dos fenômenos hidrológicos presentes na bacia hidrográfica em estudo.

Para a simulação de eventos hidrológicos que envolvem tanto a disponibilidade hídrica quanto eventos de cheias de projeto é fundamental a obtenção de dados de precipitação, vazão e cotas.

A obtenção de dados hidrológicos para a utilização em estudos de planejamento e projetos em recursos hídricos (disponibilidade hídrica e controle de cheias) baseia-se na análise da distribuição espacial e extensão das séries históricas das estações pluviométricas e fluviométricas existentes. As séries de dados das estações foram obtidas através:

- da compilação de dados gerenciada pela ANA (Hidroweb);
- do banco de dados da CEIC (Centro Integrado de Comando) da Prefeitura de Porto Alegre;
- do banco de dados do CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais).

3.6.1 Séries Pluviométricas

Embora exista aparentemente uma grande quantidade de estações pluviométricas, principalmente nas regiões urbanizadas, a disponibilidade de dados não é homogênea. Isto é evidenciado pela disponibilidade apenas entre 2014 e 2016 dos dados telemétricos das estações do CEIC - Porto Alegre e CEMADEN.

As estações pluviométricas com maior disponibilidade de dados são as de: Santo Antônio da Patrulha, Glorinha, Lagoa dos Barros, Agropecuária Anju, Fazenda Nossa Senhora da Conceição, Sapucaia do Sul, Lombas, Entrepelado e Porto Alegre.

Considerando-se uma análise da disponibilidade de estações pluviométricas e, dentro destas, a disponibilidade de dados, quanto a sua distribuição espacial na bacia do Rio Gravataí, pode-se afirmar:

- O trecho das nascentes localizadas ao norte e nordeste da bacia está mais densamente ocupado, identificando-se cinco estações pluviométricas com boa disponibilidade de dados;
- O trecho das nascentes sul e sudeste, conta com apenas uma estação (Lombas) com boa disponibilidade de dados, o que poderia ser melhor monitorado, haja vista área de contribuição significativa, principalmente do município de Viamão;
- O trecho de jusante, próximo a foz, apresenta apenas com boa disponibilidade de dados a estação Porto Alegre, onde a densidade de ocupação é elevada, e as diferenças de intensidade de precipitação são evidentes.

As estações telemétricas do CEMADEN cobriram bastante esta deficiência, mas devido à sua recente instalação as séries disponíveis ainda são curtas.

3.6.2 Séries Fluviométricas

Algumas estações são de operação convencional com dado de periodicidade diária e outras são telemétricas com disponibilidade de múltiplos dados diários.

Da mesma forma do que apresentado na análise das estações pluviométricas existe uma aparente boa distribuição de estações fluviométricas na bacia.

Todavia, das estações com medição de cota dentro da bacia, apenas 4 delas apresentam dados com mais de 15 anos de séries contemplando 90% ou mais de dados diários disponíveis, sendo 1 delas (Jusante Frigorífico) com dados apenas até 1970. Todas estas estações localizam-se no trecho do Baixo Gravataí.

Apenas 4 estações possuem dados de vazão: Passo Grande, Passo das Canoas Auxiliar, Cerâmica Cherubini e Passo Feijó. Desta apenas a estação Passo das Canoas Auxiliar localiza-se no Rio Gravataí, sendo as demais localizadas em tributários menores.

Existem 6 estações com registros de resumo de descarga: Chico Lomã, Cerâmica Cherubini, Passo das Canoas Auxiliar, Passo das Canoas, Passo Feijó e Passo Grande.

As estações fluviométricas Navegantes, Porto Alegre, Praça Harmonia e Cais Mauá C6 não estão localizadas na bacia e foram utilizadas para avaliar os efeitos dos níveis do Lago Guaíba nos níveis e cheias do Rio Gravataí.

Das estações fluviométricas com medição de cota Albatroz e Jusante Frigorífico são aquelas que potencialmente recebem maior influência da variação de nível do Lago Guaíba.

A análise da variação de níveis destas duas estações com aquelas localizadas no Lago Guaíba (citadas acima) apresentará a magnitude da influência nos níveis do Rio Gravataí.

Considerando a importância ambiental do Banhado Grande e sua função hidrológica de armazenamento e contenção de cheias, a retomada das medições nas estações Banhado Grande e Chico Lomã é importante para o conhecimento hidrológico desta região da bacia.

3.6.3 Séries Climáticas

A seguir estão apresentadas as variáveis climáticas utilizadas no estudo com as respectivas fontes de informação.

- Precipitação: Hidroweb;
- Umidade Relativa do Ar: estação meteorológica de Porto Alegre do INMET;
- Pressão Atmosférica: estação meteorológica de Porto Alegre do INMET;
- Insolação: estação meteorológica de Porto Alegre do INMET;
- Nebulosidade: estação meteorológica de Porto Alegre do INMET;
- Evaporação: estação meteorológica de Porto Alegre do INMET;
- Evapotranspiração Real e Potencial: os dados de evapotranspiração Real e Potencial foram consolidados por meio do produto MOD16, oriundo da missão MODIS.

3.6.4 Seleção e Consistência de Dados Pluviométricos

O objetivo de um posto de medição de chuvas é o de obter uma série ininterrupta de precipitações ao longo dos anos (Tucci, 2009). Todavia podem ocorrer períodos sem informações ou com falhas nas observações devido a problemas de registro, equipamentos ou operação.

As séries pluviométricas utilizadas no estudo são apresentadas no Quadro 12 assim como a justificativa para sua utilização ou não.

Quadro 12 - Séries Pluviométricas Utilizadas.

Código	Anos com Dados	Percentual Médio de Falhas	Período	Análise	Utilização
2950016	55	2%	1944-2012	Série longa com poucas falhas	UTILIZADA
2950017	39	7%	1976-2016	Área efetiva muito pequena sobre a bacia considerando a utilização das demais	DESCARTADA
2950031	33	1%	1946-1978	Série longa com poucas falhas	UTILIZADA
2950036	5	4%	1961-1965	Série de dados muito curta	DESCARTADA
2950059	26	11%	1991-2016	Série longa com poucas falhas	UTILIZADA
2950060	26	11%	1991-2016	Série longa com poucas falhas	UTILIZADA
2950061	19	20%	1991-2008	Muitas falhas (20%)	DESCARTADA
2950062	26	11%	1991-2016	Série longa com poucas falhas	UTILIZADA
2951028	53	4%	1964-2016	Série longa com poucas falhas	UTILIZADA
3050006	9	12%	1946-1953	Série Curta	DESCARTADA
3050008	26	6%	1991-2016	Série longa com poucas falhas	UTILIZADA
3050010	12	21%	2005-2016	Muitas falhas (:20%)	DESCARTADA
3051011	56	2%	1961-2016	Série longa com poucas falhas	UTILIZADA
3051015	5	26%	1966-1970	Série curta com muitas falhas	DESCARTADA
3051043	2	44%	2014-2012	Série curta com muitas falhas	DESCARTADA
3051045	4	35%	2012-2016	Série curta com muitas falhas	DESCARTADA

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

A análise de consistência dos dados pluviométricos deve ter como objetivo a identificação e correção de erros, bem como o preenchimento de falhas das séries.

As estações a serem analisadas devem ser selecionadas e separadas em dois grupos: estações principais e estações secundárias.

As estações principais são os locais a partir de cujos registros os resultados do estudo hidrológico em questão são obtidos e são identificadas a partir de algumas características básicas.

3.6.5 Seleção e Consistência de Dados Fluviométricos

As séries fluviométricas utilizadas são apresentadas no Quadro 13.

Quadro 13 - Séries Fluviométricas Utilizadas.

Estação	Nome	Série Total (anos)	Início	Fim
87398800	Passo Grande	15	1991	2016
87400000	Passo das Canoas	76	1939	2014
87399000	Passo das Canoas (Auxiliar)	43	2002	2007
87401600	Cerâmica Cherubini	22	1991	2002
87398700	Banhado Grande	19	1991	2015

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Estação Passo das Canoas

A área acumulada de contribuição a jusante corresponde a 82,1% da área da bacia e consiste na estação fluviométrica com série significativa com maior área de drenagem.

Todavia, ao serem analisadas as cotas médias anuais dentro do período de medição pôde-se observar claramente a não estacionariedade da série de cotas medidas.

A partir do início de 1980 pôde-se observar claramente uma tendência de crescimento dos valores médios das cotas, tal que as cotas médias quase dobraram de valor no período.

Esta estação apresenta medições diretas de descarga apenas entre 1962 e 1974, assim os ajustes de curva chaves apenas consideram medições deste período.

Verificou-se a hipótese de que a seção hidráulica não apresenta estabilidade no período analisado e, assim, os dados da estação não respeitam o critério da estacionariedade. Com este fato aliado à falta de medições de descarga mais recentes nesta estação fluviométrica é recomendação deste estudo que os dados obtidos nesta estação para o período após 1980 sejam descartados.

Além das questões levantadas, ao ser acessado o histórico da Estação Passo das Canoas pode-se verificar que entre os anos 2000 a 2010 ocorreram diversos eventos que descredita a medição realizada.

✓ Estação Passo das Canoas Auxiliar

Diferentemente da Estação Passo das Canoas onde a influência do nível do Lago Guaíba é conhecida, a Estação Passo das Canoas Auxiliar não apresenta estudos antecedentes onde esta relação tenha sido estudada.

A estação Passo das Canoas Auxiliar encontra-se em cota superior e alguns quilômetros a montante da estação Passo das Canoas, desta forma esperava-se que a influência fosse menor na relação cota x vazão. Tal hipótese foi confirmada.

O Quadro 14 apresenta o resumo das características hidrológicas da estação Passo das Canoas Auxiliar.

Quadro 14 - Resumo da Estação Passo das Canoas Auxiliar.

Característica	Valor
Vazão Média de Longo Período [m³/s]	21,88
Área [km²]	1424,1 (70,5%)
Vazão Específica [l/s/km²]	15,3
Coeficiente de Deflúvio Médio [-]	0,33

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Estação Banhado Grande

A Estação Banhado Grande apresenta a variação dos níveis dentro do reservatório desta área embora não existam dados de vazão observados.

Devido à esta particularidade e a importância dos Banhado Grande na dinâmica hidráulica da bacia, foi utilizado um procedimento distinto para determinação do controle hidráulico deste trecho em comparação à calibração das outras estações fluviométricas.

O controle de descarga foi concebido da seguinte forma:

- Canal principal que conduz as menores vazões;
- Planície de inundação que permite descarregar as vazões extremas de cheias.

As cotas mínimas e máximas observadas na estação Banhado Grande variam entre 0,55 e 3,70 m (cota de referência desconhecida); assim, a partir destes valores as cotas do canal principal e planície de inundação foram ajustadas até atingir-se uma boa correlação entre as cotas observadas e simuladas. Os valores obtidos com melhor aderência entre dados foram: fundo do canal principal em 0,50 m e a cota da planície de inundação em 2,50 m (Figura 9).

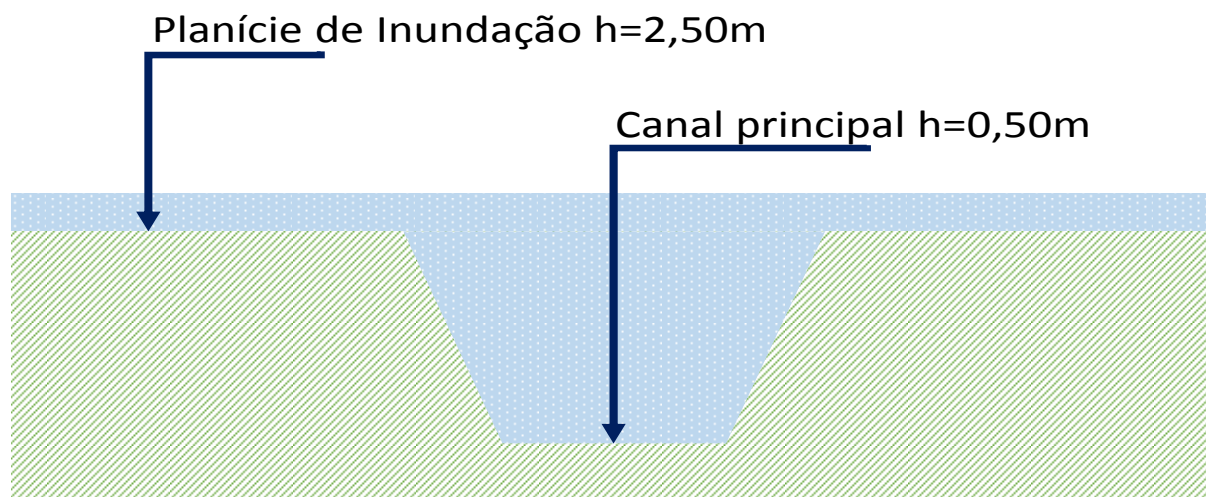


Figura 9 - Conceito do controle hidráulico do exutório do Banhado Grande

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Estação Passo Grande

A estação fluviométrica Passo Grande se localiza no Alto Gravataí, na porção norte. Sua área de contribuição é de 97,3 km² correspondendo a 4,7% da área total da bacia do Rio Gravataí.

O Quadro 15 apresenta o resumo das características da Estação Passo Grande.

Quadro 15 - Resumo das características da estação Passo Grande

Característica	Valor
Vazão Média de Longo Período [m ³ /s]	2,27
Área [km ²]	97,5 (4,7%)
Vazão Específica [l/s/km ²]	23,2
Coefficiente de Deflúvio Médio [-]	0,45

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Estação Cerâmica Cherubini

A estação fluviométrica Cerâmica Cherubini se localiza no Médio Gravataí, na porção norte. Sua área de contribuição é de 128,5 km² correspondendo a 6,2% da área total da bacia do Rio Gravataí.

O Quadro 16 apresenta o resumo das características da Estação Cerâmica Cherubini.

Quadro 16 - Resumo das características da Estação Cerâmica Cherubini.

Característica	Valor
Vazão Média de Longo Período [m ³ /s]	2,85
Área [km ²]	128,5 (6,2%)
Vazão Específica [l/s/km ²]	22,1
Coefficiente de Deflúvio Médio [-]	0,45

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.6.6 Caracterização Climatológica da Bacia

Segundo o sistema de Köppen, o clima tem a classificação de Cfa, isto é, um clima subtropical, caracterizando-se por chuvas em todos os meses e por temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e do mês mais frio entre 3° e 18°C.

Os fatores climáticos registrados por longos períodos em pontos extremos da bacia mostram somente pequenas diferenças entre si, permitindo considerar a bacia como unidade climática homogênea.

A topografia, relativamente suave, também não favorece a formação de anormalidades microclimáticas de magnitude considerável.

Em relação às precipitações anuais, percebe-se que a estação 2951028, localizada no município de Sapucaia do Sul, e a estação 2950060, localizada no município de Santo Antônio da Patrulha, apresentaram os maiores valores anuais, com 1522,9 mm e 1536,0 mm, respectivamente.

Enquanto que os menores valores são verificados na estação 2950016, localizada no município de Glorinha, e na estação 2950031, localizada no município de Santo Antônio da Patrulha, com 1399,7 mm e 1390,7 mm, respectivamente.

Avaliando-se as precipitações trimestrais, percebe-se o terceiro trimestre apresenta os maiores resultados, sendo que as estações 2951028 e 2950060 tiveram os maiores valores, com 148,4mm e 146,5mm, respectivamente.

As menores precipitações trimestrais foram verificadas no primeiro e segundo semestres.

A partir da análise da estação meteorológica de Porto Alegre do INMET se pode calcular as estatísticas das variáveis climáticas a seguir.

A maior umidade relativa média registrada foi 82,5% no mês de junho e a mínima foi 70,7% no mês de dezembro. A umidade relativa do ar média anual é de 76,5%.

A insolação média da estação foi de 2198,1 horas/ano. O menor valor de insolação média mensal foi de 126,0 horas (junho) e o maior valor foi de 242 horas (dezembro).

A nebulosidade média mensal apresenta pequena variação ao longo do ano. A nebulosidade máxima ocorre no mês de setembro (5,2 décimas partes) e a mínima em abril (4,3 décimas partes). A média anual da nebulosidade fica em torno de 4,8 décimas partes.

A temperatura média anual na região em estudo é de 19,6°C. As temperaturas médias mensais na região variam entre 15,6°C e 25,1°C, sendo os meses mais frios, junho e julho, e os mais quentes, janeiro e fevereiro.

O período de inverno (meses mais frios) ocorre de maio a setembro, enquanto que o período de verão (meses mais quentes), de dezembro a março.

A pressão atmosférica média mensal alcança seu máximo valor no mês de agosto (1015 hPa) e valor mínimo no mês de março (1001 hPa) perfazendo uma amplitude de apenas 14h Pa.

A evaporação média anual na região do estudo é de 867,2 mm/ano. No mês de dezembro é registrada a maior evaporação, onde ocorrem déficits da ordem de 109,6 mm, enquanto que no mês de junho se registra a evaporação mínima que é de apenas 39,9 mm.

Observando-se os dados de evapotranspiração potencial e real médios obtidos por meio do MOD16 para a Bacia, tem-se no mês de dezembro a maior média histórica, com 217,7 mm, na qual o maior valor anual registrado na série nesse mês foi de 227,4 mm.

Enquanto que o mês de junho apresentou a menor média histórica, com 68,6 mm, o menor valor anual registrado para a série no mês foi de 57,1 mm.

3.6.7 Usos da Água

✓ Usos e Conflitos

Segundo o PRH do Rio Gravataí, os principais usos da água são abastecimento público, indústria, pecuária, irrigação agrícola e diluição de esgotos domésticos e efluentes industriais.

A normativa mais recente define um nível de alerta de 2,65 m na régua georreferenciada da captação da CORSAN em Alvorada, 4,10 m em relação ao nível do mar, 100 cm acima do crivo da bomba de captação deste local.

Abaixo deste nível a permissão de captação por bombeamento do Rio Gravataí ocorre de forma intermitente, com 2 dias sem bombeamento e 3 com bombeamento.

Abaixo do nível 3,60 m (em relação ao nível do mar) a captação será suspensa e só poderá retomada após decisão do Departamento de Recursos Hídricos (DRH).

Desta forma o controle da garantia de abastecimento é reativo às condições hidrológicas críticas apresentadas no Rio Gravataí. O controle em ponto único também não estimula a autorregulação individual dos grandes consumidores, tornado a responsabilidade difusa e não atribuível.

Além disto, deve-se ponderar a influência dos níveis no Lago Guaíba na régua em questão e como tal pode mascarar as condições hidrológicas reais a montante do ponto.

Outro problema é o descarte irregular de sedimentos da produção orizícola. O incremento de partículas suspensas incrementa a turbidez e dificulta ou impossibilita a captação para o abastecimento público.

Segundo a CORSAN mesmo com a possibilidade de incremento de demanda de outros sistemas que não dependem do Rio Gravataí, a suspensão da captação no trecho impossibilita o abastecimento pleno das áreas dos municípios que dependem de tal (Diário de Cachoeirinha 14/10/2016 <http://bit.ly/2lyDHkN>).

✓ **Outorgas**

O Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul (SIOUT-RS) tem intuito de aperfeiçoar o gerenciamento das concessões e administração de atos inerentes às outorgas de uso de água, por meio de ferramentas que explorem as informações relativas aos recursos hídricos de forma eletrônica.

Através da coleta de dados para a bacia do Gravataí foram obtidos os resultados apresentados no Quadro 17 e Quadro 18.

Quadro 17 - Outorga Superficial para a bacia do Gravataí

Tipo	Vazão média [l/s]	Vazão máxima [l/s]
Abastecimento industrial	1,94	1,94
Abastecimento público	1.514,0	1.514,0
Consumo agroindustrial	0,23	0,27
Consumo humano	1,00	1,00
Irrigação	5.665,00	5.824,45
Turismo/lazer/balneário/recreação	83,33	83,33
TOTAL [l/s]	7.266,0	7.425,0

Fonte: SIOUT-RS / junho 2017

Quadro 18 - Outorga Subterrânea para a bacia do Gravataí

Tipo	Vazão média [m³/dia]	Vazão máxima [m³/dia]
Abastecimento público	13	40
Atividades comerciais	78	295
Consumo humano	291	629
Irrigação	0,015	0,72
Processo industrial	64,16	192,48
Total [m³/dia]	446,0	1.158,0
Total [l/s]	5,2	13,4

Fonte: SIOUT-RS / junho 2017

Exceto pelo valor de outorga para abastecimento público, os valores constantes no sistema são relativamente baixos e podem não representar corretamente à realidade, especialmente o dado referente às demandas industriais.

✓ Irrigação

Devido à falta de informações sobre a localização espacial das outorgas, principalmente referente às demandas de arroz, foram coletadas informações para subsidiar a análise de demandas.

Para tal foram utilizados os seguintes estudos:

- Plano Estadual de Recursos Hídricos (2006);
- Plano de Bacia do Rio Gravataí (2011);
- Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) - Boletins de Safras (2013 a 2016)
- Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia UFRGS - Classificação de vegetação (2002);
- EMATER - Séries históricas (2006 - 2015);
- BASTOS, M. A. (2014) - Estimativa de Vegetação para o Mapeamento de Lavouras de Arroz Irrigado na Bacia do Rio Gravataí no Estado do Rio Grande do Sul - Dissertação de Mestrado;
- GUASSELLI L. A. (2013) - Os impactos do cultivo de arroz irrigado sobre as áreas úmidas da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande do Rio Gravataí - RS - XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil;

A partir desta análise pode-se apresentar uma estimativa ano a ano das áreas de cultivo, conforme Quadro 19 e Figura 10 a seguir:

Quadro 19 - Estimativa das Áreas de Plantio de Arroz (1999 a 2016)

ANO	Área (ha)	ANO	Área (ha)	ANO	Área (ha)
1999	16089	2005	18557	2011	21026
2000	16500	2006	18969	2012	21437
2001	16911	2007	19380	2013	21848
2002	17323	2008	19791	2014	22260
2003	17734	2009	20203	2015	22671
2004	18146	2010	20614	2016	23083

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Estimativa de Área Plantada de Arroz

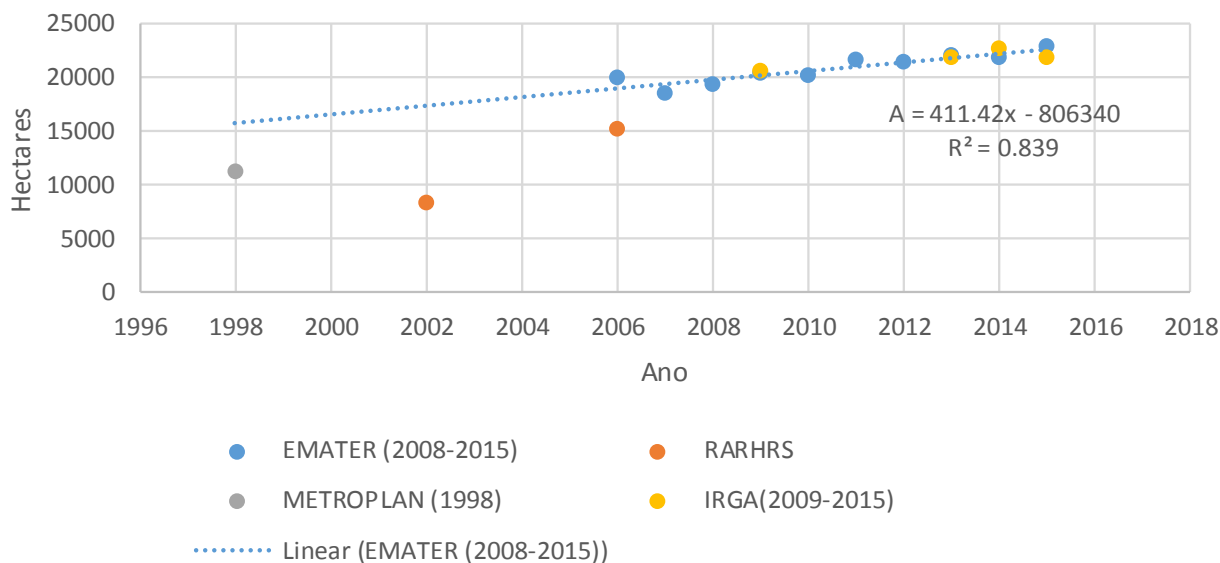


Figura 10 - Área real de plantio de arroz na Bacia e estimativa para os demais anos
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

A Figura 11 apresenta as demandas agrícolas ao longo de uma safra. Parte destas demandas é suprida pelos açudes e reservatórios contidos nas propriedades rurais.

Demandas Agrícolas

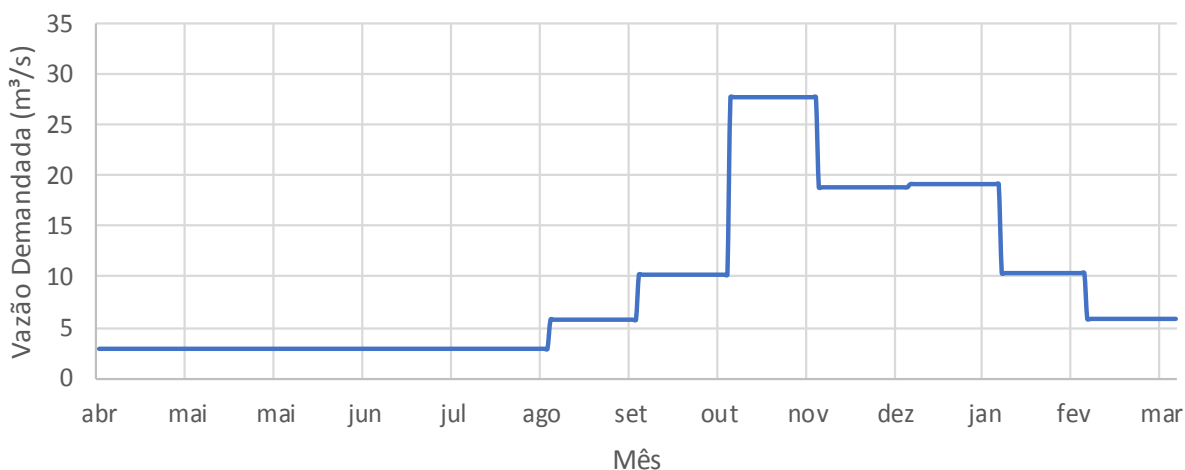


Figura 11 - Demandas Agrícolas
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Abastecimento Público

Com exceção de Porto Alegre, o abastecimento de água e o esgotamento sanitário são de responsabilidade da CORSAN na Bacia do Rio Gravataí.

Nessa Bacia ocorrem os principais sistemas integrados operados pela CORSAN: SIAV (Alvorada e Viamão), SIGRAC (Gravataí e Cachoeirinha) e parte do SICES (Canoas, Esteio e Sapucaia do Sul).

Foram observadas várias incongruências entre os dados fornecidos pelo Atlas do Abastecimento de Água e os Planos de Saneamento Básico. Onde tais existiram, a informação dos planos de saneamento foi considerada superior.

A análise integrada dos sistemas de abastecimento público inseridos na Bacia do Gravataí, isto é, aqueles que apresentam captação na bacia, resultam em uma demanda média de 1.564 l/s.

Na calibração, onde as demandas existentes na bacia são lançadas no modelo com o intuito de comparação com os dados observados os valores de vazão demandada para o abastecimento público foram considerados fixos ao longo de todo período (2000 a 2015).

✓ Criação Animal

O consumo de água para a criação animal está diretamente associado ao efetivo dos rebanhos existentes na Bacia, representando o consumo propriamente dito dos animais e também toda a demanda de água associada ao seu manejo.

As demandas para a criação animal foram estimadas sobre o consumo per capita para cada tipo de rebanho, considerando dessedentação e manejo dos animais, conforme Quadro 20.

Os rebanhos por tipo e município estão indicados no Quadro 21 a partir de informações do IBGE para o ano de 2015, com informações proporcionais à área do município pertencente à bacia.

A demanda setorial total para a bacia é 52 l/s.

Quadro 20 - Demanda per capita para criação animal (l/cab/dia)

BOVINOS	SUÍNOS	AVES
40	100	0,4

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 21 - Demanda para Criação Animal por Município (l/s)

Município	BOVINOS	SUÍNOS	AVES	DEMANDA TOTAL [l/s]	RETORNO [l/s]
Alvorada	1.482	238	130	0,96	0,192
Cachoeirinha	330	123	336	0,30	0,06
Canoas	2	2	2	0,00	0
Glorinha	25.929	718	8.700	12,88	2,576
Gravataí	16.677	3.485	29.750	11,89	2,378
Porto Alegre	1.119	543	1.594	1,15	0,23
Santo Antônio da Patrulha	2.1515	585	8.481	10,68	2,136
Taquara	1.694	83	1.163	0,89	0,178
Viamão	26.766	857	85.434	13,78	2,756

Fonte: IBGE

✓ Usos Industriais

A demanda industrial é a mais difícil de ser obtida pela falta de informações adequadas que permitam relacionar parâmetros como tipologia da indústria, produção industrial e consumo de água para cada localidade.

O problema é minimizado porque, em média, a demanda industrial não se constitui na parcela mais significativa do consumo de água no País, a qual corresponde a 18% da demanda total.

A demanda e consumo adotados serão os estimados a partir da metodologia relatada no Produto 10 - Estudos hidrológicos, totalizando Q=350 l/s e 70l/s, respectivamente, para a totalidade da bacia do Gravataí.

A estimativa de demandas realizadas em diferentes trabalhos está apresentada no Quadro 22.

Quadro 22 - Estimativas de demandas de diferentes trabalhos.

DEMANDA	ANO	DEMANDA [l/s]
Plano de Bacia do Gravataí	2011	253
Plano Estadual de Recursos Hídricos	2007	400
SIOUT	2017	2
SNIRH	2017	Sem registro
Estimativa do presente trabalho	2017	350

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Vazões de Retorno

As demandas de abastecimento público da bacia retornam para o manancial na forma de efluentes lançados na rede de esgotamento sanitário, quando existente, e finalmente em um corpo hídrico.

O Plano de Bacia do Rio Gravataí preconizou que fosse utilizada a relação entre demandas e produção de esgoto de 0,8. Desta forma a demanda considerada foi de apenas 20% da demanda real.

Embora esta seja a recomendação da NBR 9649 (Projetos Coletoras de Rede de Esgoto), ela não representa adequadamente a situação do sistema de esgotamento sanitário dos municípios da bacia. Por isso, foi proposta uma metodologia que considera que após o consumidor existem diversas formas para o destino final do recurso hídrico e tal é apresentada no Produto 10 - Estudos Hidrológicos.

O atendimento de serviços de esgoto nos municípios da bacia do Gravataí é bastante deficitário existindo problemas quanto à baixa taxa de coleta, pouca adesão quanto à ligação residencial à rede e baixo percentual de tratamento final. Tais peculiaridades demandam que se considere um percentual menor da vazão de retorno à bacia.

A distribuição espacial do retorno de vazões também é importante para que não seja superestimado o seu impacto na disponibilidade. O Quadro 23 apresenta o cálculo das vazões de retorno para os diversos municípios da bacia.

As vazões de retorno estão localizadas nas áreas mais urbanizadas que, por próprio conceito de um sistema de captação, ficam a jusante de onde ocorrem os bombeamentos.

Desta forma, se observa que o impacto das vazões de retorno, embora existente, não será significativo na avaliação da disponibilidade.

Ao se considerar cenários futuros e potenciais locais de novas captações deve-se lembrar que o Rio Gravataí é um dos cursos d'água mais poluídos do Brasil o que limita severamente o posicionamento de elevatórias em posições mais a jusante das existentes.

Ressalta-se que demais consumidores significativos existentes se localizam em trechos muito mais a montante do trecho que recebe a maior parte das vazões de retorno.

- **Criação Animal**

Diferentemente do abastecimento público não existe uma grande translação do local de demanda e local de retorno das vazões. De tal forma se pode considerar o consumo efetivo igual à demanda subtraída do retorno.

A demanda e o retorno foram apresentados anteriormente e estão distribuídas nas zonas rurais da bacia.

- **Usos Industriais**

Os usos industriais serão considerados de forma a ocorrem as demandas e retornos no mesmo trecho de curso d'água. De tal forma se pode considerar o consumo efetivo igual à demanda subtraída do retorno.

A demanda e o retorno foram apresentados anteriormente e estão distribuídas nas zonas urbanas da bacia.

Quadro 23 - Cálculo das Vazões de Retorno à Bacia do Gravataí.

	[1]	[2]		[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
Município	Consumo (l/hab/dia)	Pop. Urbana	Pop. Rural	Demanda Média [l/s]	Vazão Disposta	Percentual Coleta	Vazão Coletada	Vazão Não Coletada	Retorno Infiltração	Vazão Lançada por ETEs
Alvorada	131,3	202.481	-	308	246	67%	140	106	26	24
Cachoeirinha	188	124.181	-	270	216	73%	134	82	21	29
Canoas	147	92.579	-	158	126	80%	86	40	10	0
Glorinha	193,2	2.557	4.905	17	13	0%	0	13	3	0
Gravataí	166	262.700	6.299	517	413	56%	197	217	54	22
Porto Alegre	224	414.989	-	1076	861	80%	651	210	52	66
Santo Antônio da Patrulha	160	31.017	10.207	76	61	12%	6	55	14	0
Viamão	138	232.855	13.500	393	315	47%	126	189	47	0

[1] - Consumo de l/hab/dia [SNIS]

[2] - Projeção populacional da CORSAN para 2016

[3] - Coluna [1] x Coluna [2]

[4] - 80% Coluna [3]

[5] - Percentual de atendimento de serviços de coleta [CORSAN]

[6] - Vazão coletada pelos serviços regulares, parte desta vazão pode ser direcionada para fora da bacia. Foi considerada uma taxa de infiltração de 15% devido a análise da relação de comprimento de rede existente e parâmetros da NBR 9649.

[7] - Vazão Disposta não Coletada - Coluna [4] - Coluna [5]

[8] - Percentual da vazão disposta não coletada que retorna aos cursos d'água por lançamento direto ou escoamento subsuperficial.

[9] - Vazão Lançada por ETEs [Plano Regional de Saneamento da Bacia do Gravataí (2011)].

*Taquara possui uma área muito pequena dentro e sua sede fora do contexto da bacia

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Efeitos das Demandas

Os autores da modelagem hidrológica contida no Plano de Bacia do Rio Gravataí (2011) apresentaram como uma das dificuldades para obtenção das séries de vazão natural a existência de demandas de consumo ao longo da bacia.

O resultado disto é que as vazões observadas foram menores do que a capacidade real de produção da bacia.

Para minimizar tais efeitos, as vazões outorgadas foram distribuídas em trechos de rio ao longo do curso do Médio Gravataí, onde se encontram os maiores consumos provenientes da demanda agrícola e captação da CORSAN.

Esta ação teve como objetivo a estimativa de vazões mais próximas à capacidade de produção hídrica da bacia.

A calibração do modelo hídrico considerou as demandas e sua variação ao longo do tempo. A simulação de longo período foi realizada em uma condição sem retiradas diretas do curso d'água (sem demandas), pois tais tem por objetivo o conhecimento das vazões naturais.

A Figura 12 apresenta a distribuição dos consumos na bacia do Gravataí e a Figura 13 apresenta a localização destes consumos.

Distribuição dos Consumos

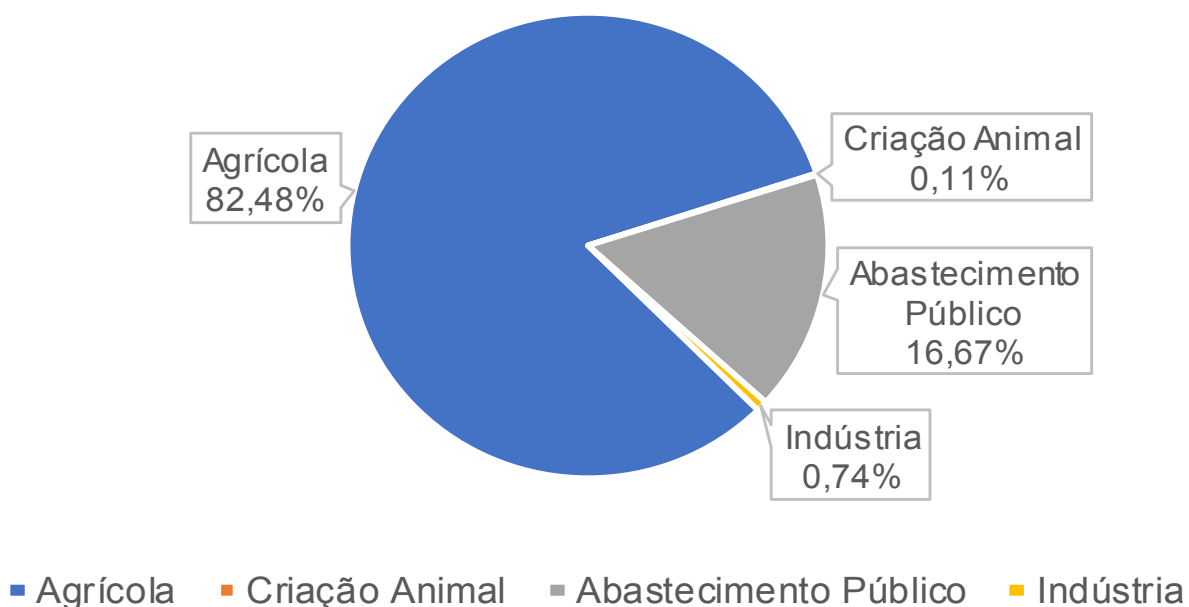


Figura 12 - Distribuição dos Consumos Anuais na bacia do Gravataí
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

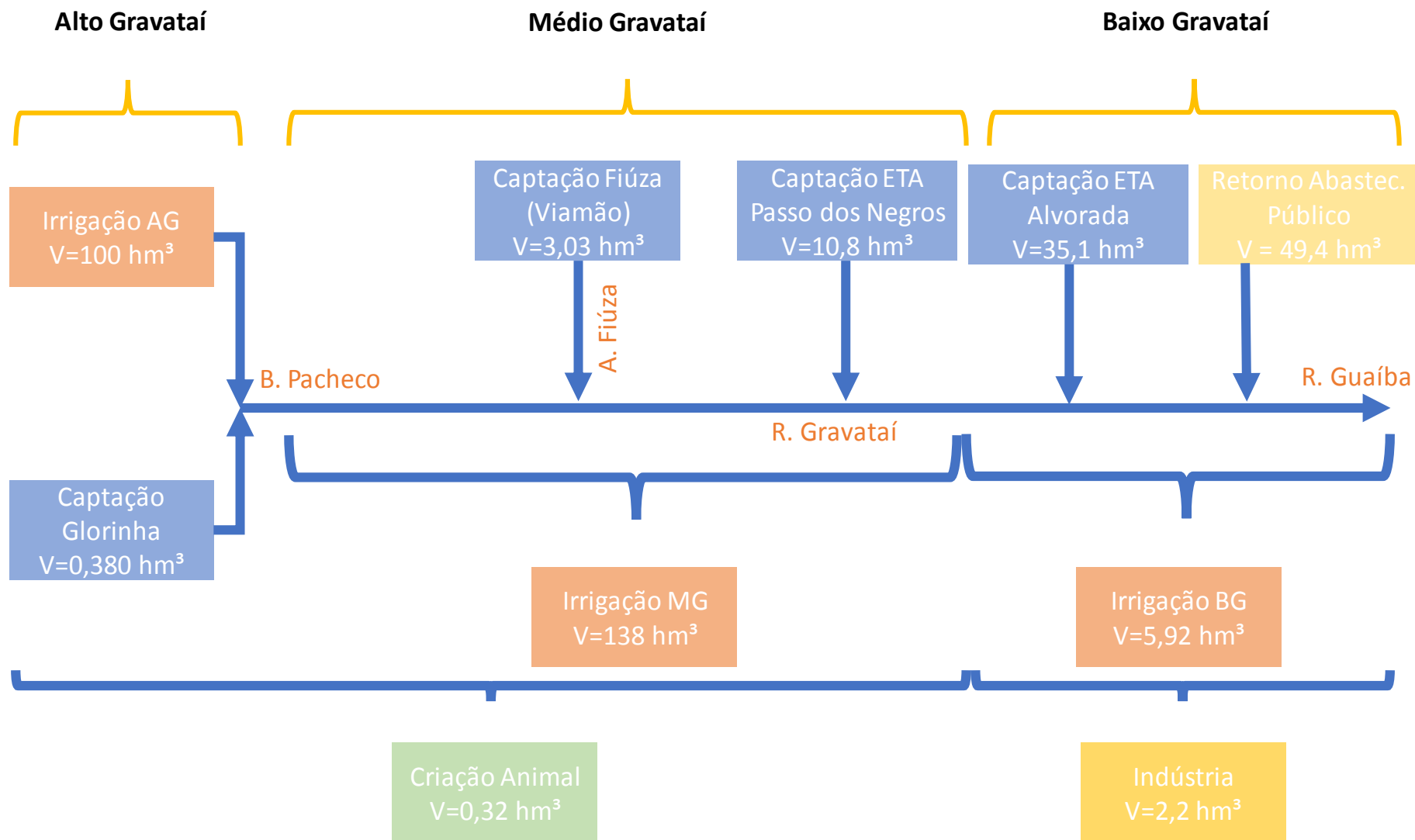


Figura 13 - Distribuição das Demandas na Bacia Safra 2015-2016) - Volumes Anuais
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.6.8 Discretização da Bacia e Ajuste do Modelo Hidrológico

✓ Conceito

A utilização de modelos é usual, em diversas áreas do conhecimento onde é necessário representar fenômenos de grande escala (temporal e/ou espacial), de grande magnitude, na avaliação de cenários futuros ou quando o custo financeiro é proibitivo.

Estudos hidrológicos em sua maioria fazem uso de modelagem para obter os resultados necessários por meio de uma representação simplificada e conceitual dos processos hidrológicos em uma bacia hidrográfica

Desta forma, modelos hidrológicos computacionais representam por meio de equações os componentes, superficial, subsuperficial e subterrâneo do escoamento, assim como os processos de evapotranspiração, interceptação e armazenamento.

Por meio da modelagem é possível espacializar as informações fluviométricas na bacia, ou seja, obter as vazões nos pontos de interesse, locais que não dispunham de estações fluviométricas.

No presente estudo faz-se necessário o uso da modelagem hidrológica computacional para quantificar os efeitos das cheias e estiagens na Bacia do Rio Gravataí.

Para tanto o modelo adotado é que atende adequadamente os requisitos de representação destes fenômenos é o modelo desenvolvido pelo Centro de Engenharia Hidrológica (*Hydrologic Engineer Center*) do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (*U.S. Army Corps of Engineers*) disponibilizado em uma plataforma computacional não comercial de uso livre e que vem sendo atualizado continuamente.

✓ Descrição dos Módulos do Modelo

A plataforma HEC (*Hydrologic Engineering Center*), desenvolvida pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (*U.S. Army Corps of Engineers*), dispõe de módulos hidráulicos e hidrológicos para simulação, entre os quais os mais importantes são o módulo HEC-RAS - hidráulico e o módulo HEC-HMS - hidrológico.

O módulo de propagação de escoamento simula tanto escoamento permanente quanto não permanente, por meio da resolução das equações de continuidade e de quantidade de movimento, representando desta forma efeitos de jusante (remanso). Descrição completa e detalhada é disponível em USACE - HEC-RAS (2010).

O módulo HMS (*Hydrologic Modeling System*) simula vários processos hidrológicos, dentre eles, destaca-se o processo de transformação chuva-vazão em sistemas de bacias hidrográficas urbanas e rurais.

Esta transformação é elaborada por meio da técnica do hidrograma unitário sendo possível optar pelo método de Clark, Snyder ou SCS.

Já a representação do escoamento de base tem como alternativas, dentro do modelo de vazão de base as opções: (i) constante por mês, (ii) recessão exponencial e (iii) reservatório linear.

Os hidrogramas produzidos pelo modelo podem ser usados em estudos de disponibilidade de água, drenagem urbana, previsão de vazão, avaliação de impactos de urbanização, projeto de barramentos, regularização de vazões, hidrologia de banhados, entre outros.

O modelo assume que uma bacia hidrográfica é reproduzida como um grupo interligado de áreas, e os processos hidrológicos podem ser representados pelos parâmetros que refletem as condições médias dentro da área.

- **Componentes do Modelo Chuva-Vazão**

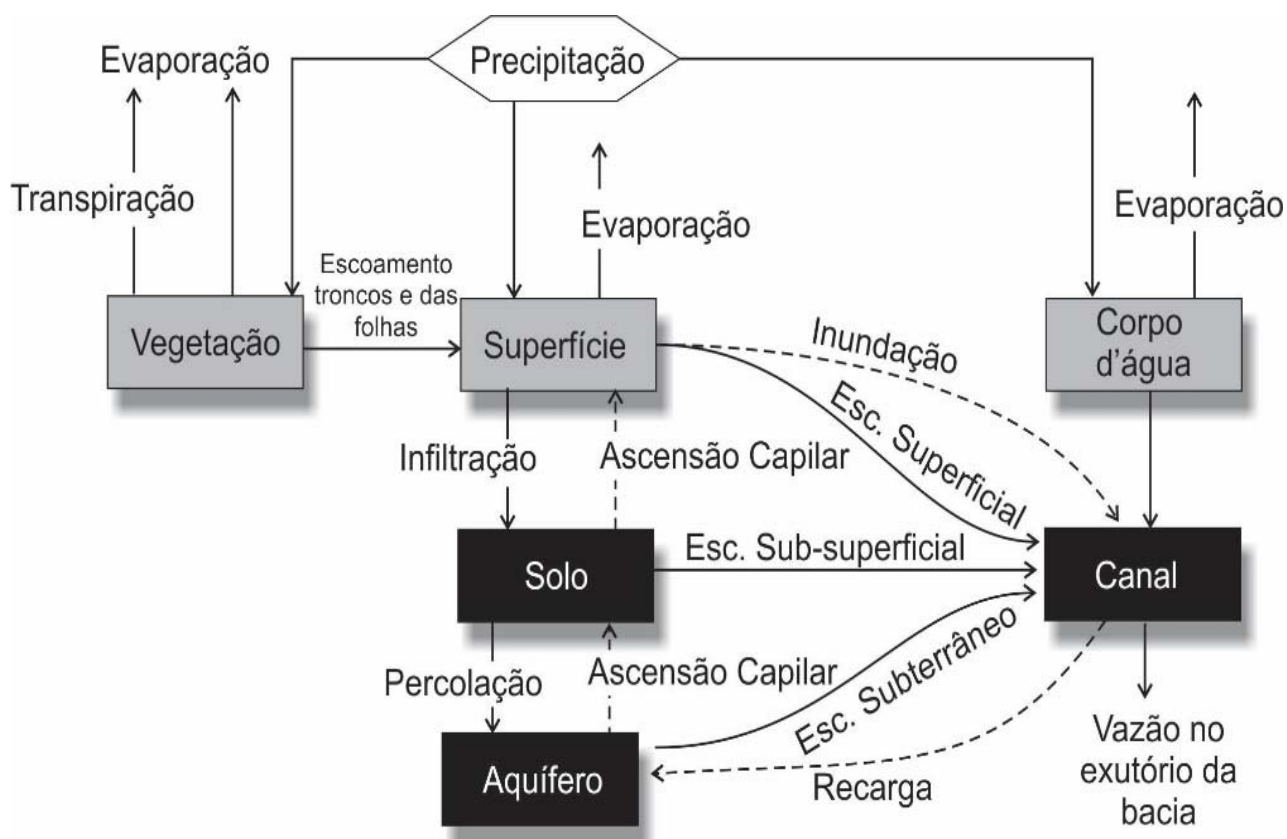
O processamento do modelo hidrológico no HEC-HMS requer inicialmente a entrada de dados da bacia hidrográfica, bem como dados meteorológicos.

As especificações de controle definem os períodos e passo de tempo da simulação.

Os dados de entrada consistem nas séries hidrológicas e climatológicas (precipitação, vazão, evaporação, etc.) que são parâmetros ou condições de contorno dos modelos de bacia e meteorológicos.

Posteriormente, são escolhidos os métodos para o cálculo das perdas, de transformação chuva-vazão, de composição do escoamento de base, de propagação em rios; considerando parâmetros relacionados a tais métodos, como a área das sub-bacias, tempo de concentração, fatores de perda por infiltração, evapotranspiração, e perdas em sumidouros.

A Figura 14 apresenta um fluxograma básico de construção do modelo.



*Figura 14 - Fluxograma do processo de modelagem hidrológica.
Fonte: USACE-HEC-HMS, 2000*

✓ Divisão de Sub-bacias

O Elemento “Sub-bacia” (*subbasin*) do modelo HEC-HMS representa os processos hidrológicos das sub-divisões da área da bacia (as sub-bacias do Gravataí) e, assim, agrupa as funções matemáticas de conversão em chuva-vazão (infiltração, escoamento direto, interceptação, etc.).

A divisão das sub-bacias para a construção do modelo hidrológico obedeceu aos seguintes critérios:

- Respeitando a divisão da caracterização Baixa, Médio, Alto Gravataí;
- Considerando áreas relativamente homogêneas quanto ao uso do solo e declividade;
- Considerando a maior necessidade de detalhamento na análise das áreas urbanizadas, principalmente o Baixo Gravataí;
- Considerando os pontos de controle importantes para a calibração do modelo como as Estações Fluviométricas existentes;

A partir destes conceitos foram criadas 64 sub-bacias dentro do modelo hidrológico:

- 13 sub-bacias no Alto Gravataí;
- 20 sub-bacias no Médio Gravataí;
- 31 sub-bacias no Baixo Gravataí.

O método de denominação das sub-bacias consideradas no modelo indica a localização desta no conceito de Alto, Médio ou Baixo Gravataí; exemplo:

- MAG01 - sub-bacia 1 pertencente ao Alto Gravataí.
- MMG18 - sub-bacia 18 pertencente ao Médio Gravataí.
- MBG10 - sub-bacia 10 pertencente ao Baixo Gravataí.

✓ Determinação dos Parâmetros Hidrológicos

Coeficiente CN e Impermeabilização: Para determinação dos parâmetros hidrológicos a serem considerados no modelo a ser utilizado deverá ser realizada uma classificação do uso do solo de acordo com a resposta hidrológica típica de cada região.

Baseados na classificação do uso do solo realizada no Plano de Bacia (2011) e dados das imagens do levantamento aerofotogramétrico realizado neste estudo foram classificados os tipos de uso de solo para a bacia.

Escoamento Superficial: Os modelos hidrológicos de simulação de eventos de cheia e contínuo de avaliação de períodos de estiagem utilizam métodos distintos para avaliação do escoamento superficial:

- Simulação de Eventos de Cheias: Método *SCS Curve Number*;
- Simulação Contínua para Avaliação de Estiagem: Método *Soil Moisture Accounting*

Hidrogramas: O hidrograma unitário sintético utilizado neste estudo foi o estimado pelo Método de Snyder, na versão HEC-HMS, que depende do tempo de retardamento, da vazão de pico e da duração total do escoamento, ou seja, para a definição da base do hidrograma.

Propagação de Vazões: O método selecionado para a propagação de vazões é o da onda cinemática. Este método resolve a equação da continuidade em conjunto com uma equação simplificada de conservação de quantidade de momento em cada trecho do modelo.

Evapotranspiração: A Evapotranspiração foi computada para cada sub-bacia através de valores estimados pelo método de Penman.

Interceptação: A interceptação é a retenção de parcela da precipitação acima da superfície do solo, tal que esta não infiltra ou transforma-se em escoamento superficial. A metodologia a ser usada para a representação da interceptação é a de Dynamic Canopy onde o volume acumulado nos reservatórios das folhas é preenchido ou deplecionado de acordo com a capacidade máxima, precipitação e evapotranspiração no período.

Escoamento de Base: O método utilizado será o de Reservatório Linear (Linear Reservoir Baseflow). Em tal método a infiltração calculada é computada como uma vazão de entrada em um reservatório linear. Este método conserva massa no contexto da bacia.

✓ **Caracterização dos Reservatórios**

Existem 2 elementos hidrológicos dentro do modelo que foram representados por um componente de reservatório:

- Banhado Grande;
- Banhado dos Pachecos.

Para caracterização destes componentes é necessário no mínimo o conhecimento sobre:

- Curvas cota x volume
- Relação de cota x descarga no exutório.

✓ **Espacialização da Precipitação nas Sub-bacias**

A definição das áreas de influência de cada posto pluviométrico na bacia hidrográfica do Rio Gravataí foi realizada pelo método dos Polígonos de Thiessen no período com dados pluviométricos entre jan/1965 e maio/2016.

Atribuiu-se assim, para cada dia deste período e para cada sub-bacia, a precipitação correspondente do polígono do posto que contivesse o centroide da sub-bacia.

As falhas de dados de precipitação não foram preenchidas, isto foi contornado gerando-se para cada combinação de disponibilidade de dados uma disposição distinta dos polígonos.

Notou-se que os postos Glorinha, Porto Alegre e Sto. Antônio da Patrulha foram os que mais influenciaram na geração das series de precipitação para as sub-bacias da Bacia do Rio Gravataí, demonstrando que estes postos são os que apresentam maior disponibilidade temporal de dados e que estão mais próximos na maior parte do tempo dos centroides das sub-bacias.

✓ **Calibração do Modelo**

Para a realização da calibração do modelo hidrológico a resposta em pontos de controle específicos foi comparada com os dados fluviométricos observados.

O modelo é considerado calibrado quando a dispersão entre os resultados observados e os resultados simulados é a menor possível.

Metodologias distintas foram utilizadas para a calibração e aferição dos resultados quanto ao objetivo de se caracterizar os períodos de estiagem e eventos de cheias.

A definição do período de calibração e verificação do modelo hidrológico para avaliação da estiagem foi feita com base na disponibilidade de dados de vazão, que são bastante limitados.

Para a avaliação quantitativa dos ajustes foi utilizado o indicador de eficiência Nash-Sutcliffe das vazões, o coeficiente representa o quanto os resultados obtidos com o modelo são melhores que um modelo alternativo representado pelas vazões médias de longo período observadas.

O coeficiente NS apresenta um comportamento na qual é dado maior valor às vazões de pico, portanto, ajustar o modelo somente com base neste parâmetro pode representar de forma bastante equivocada as vazões de recessão do rio.

Assim, quando se buscou calibrar o modelo para os períodos de estiagem, o estimador pode ser utilizado com dados de vazão transformados por procedimentos como o logaritmo das vazões (NS Log), esse procedimento permite que o coeficiente analise de forma mais efetiva as vazões de recessão, sendo assim, menos sensível aos picos.

A avaliação do ajuste foi feita por meio da curva de permanência das vazões, onde se buscou ajustar as vazões mínimas de permanência Q99%, Q95%, Q90%, Q85%, representativas dos períodos de estiagem.

Os períodos de calibração e validação utilizados foram específicos a cada estação analisada e estão indicados no Produto 10. As simulações foram realizadas com um passo de tempo de 1 dia.

Foram utilizadas para a calibração e validação do modelo na estiagem e nas cheias as estações Passo das Canoas Auxiliar, Estação Passo Grande e Estação Cerâmica Cherubini.

A calibração e validação do modelo para as cheias foram realizadas através da seleção dos eventos de cheias mais importantes dentro do período de análise (2000 a 2016).

Para cada uma das 3 estações fluviométricas analisadas foram selecionados 3 períodos onde tenham ocorrido os maiores deflúvios.

Os resultados da calibração e validação do modelo foram considerados satisfatórios.

3.6.9 Resultados dos Estudos Hidrológicos

Os resultados obtidos correspondem à resposta hidrológica da bacia no tempo e espaço (hidrogramas) para eventos de precipitação considerando as condições hidrológicas existentes atualmente na área.

De tal maneira que a distribuição de vazões observadas em longo período na bacia do Gravataí e em cada ponto de controle poderá ser distinta das vazões-resultado da simulação. Assim, os dados levantados e obtidos neste estudo são consistentes, mas devem-se levar em conta as observações levantadas acima.

O período de simulação utilizado para reprodução das séries fluviométricas (simulação contínua) foi de 01/01/1965 até 31/03/2016, consistindo de 50 anos de dados. Isto permite a extrapolação estatística com segurança até períodos de 100 anos de tempo de retorno.

✓ Disponibilidade Hídrica

Para caracterizar as condições de garantia de água em certo manancial é comumente utilizado o instrumento de vazão de referência. As vazões mínimas aplicadas como vazões de referência são valores de elevada permanência no tempo, calculadas através de forma estatística a partir de séries de dados observados ou simulados.

O Quadro 24 a seguir, apresenta as vazões médias diárias com probabilidade de excedência de 99%, 95%, 90%, 85%, 50% e a vazão específica para cada sub-bacia simulada.

Este quadro apresenta a capacidade de produção de vazão de cada uma das **sub-bacias** simuladas.

Quadro 24 - Probabilidade de excedência de vazões médias diárias, por sub-bacia do modelo.

Curva de Permanência					
Sub-bacia	Qmed%	Q85%	Q90%	Q95%	Q99%
	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]
MAG01	0,388	0,009	0,005	0,002	0,000
MAG02	0,748	0,022	0,012	0,004	0,000
MAG03	0,488	0,009	0,005	0,002	0,000
MAG04	0,189	0,004	0,002	0,001	0,000
MAG05	0,332	0,005	0,002	0,000	0,000
MAG06	0,089	0,001	0,000	0,000	0,000
MAG07	0,724	0,150	0,129	0,105	0,068
MAG08	0,573	0,174	0,153	0,127	0,085
MAG09	0,380	0,110	0,096	0,079	0,051
MAG10	0,304	0,087	0,077	0,065	0,044
MAG11	0,093	0,002	0,001	0,000	0,000
MAG12	0,914	0,459	0,424	0,360	0,266
MAG13	1,571	0,747	0,685	0,589	0,452
MAG14	0,033	0,016	0,015	0,013	0,008
MBG01	0,116	0,056	0,051	0,044	0,029
MBG02	0,102	0,050	0,046	0,040	0,026
MBG03	0,041	0,020	0,018	0,016	0,010
MBG04	0,350	0,170	0,156	0,135	0,089
MBG05	0,138	0,071	0,065	0,056	0,037
MBG06	0,464	0,229	0,210	0,180	0,121
MBG07	0,728	0,353	0,323	0,279	0,185
MBG08	0,386	0,191	0,175	0,150	0,099
MBG09	0,679	0,352	0,323	0,285	0,221
MBG10	0,506	0,251	0,230	0,200	0,155
MBG11	0,430	0,202	0,183	0,160	0,107
MBG12	0,356	0,175	0,161	0,139	0,092
MBG13	0,436	0,209	0,191	0,165	0,111
MBG14	0,524	0,251	0,230	0,199	0,133
MBG15	0,295	0,145	0,133	0,115	0,075
MBG16	0,289	0,142	0,130	0,112	0,074
MBG17	0,278	0,137	0,126	0,108	0,071
MBG18	0,179	0,087	0,080	0,069	0,046

Curva de Permanência					
MBG19	0,352	0,180	0,165	0,144	0,112
MBG20	0,455	0,231	0,212	0,185	0,144
MBG21	0,207	0,102	0,093	0,080	0,053
MBG22	0,259	0,124	0,114	0,098	0,066
MBG23	0,259	0,124	0,114	0,098	0,066
MBG24	0,259	0,124	0,114	0,098	0,066
MBG25	0,328	0,161	0,148	0,127	0,084
MBG26	0,298	0,147	0,134	0,116	0,076
MBG27	0,309	0,148	0,135	0,117	0,078
MBG28	0,620	0,321	0,294	0,252	0,167
MBG29	0,262	0,129	0,119	0,102	0,068
MBG30	0,025	0,013	0,012	0,010	0,007
MBG31	1,039	0,499	0,452	0,387	0,279
MMG01	1,978	0,975	0,893	0,762	0,561
MMG02	2,143	1,049	0,967	0,828	0,632
MMG03	1,036	0,505	0,467	0,400	0,299
MMG04	2,413	1,244	1,148	0,996	0,672
MMG05	1,212	0,589	0,544	0,475	0,321
MMG06	1,424	0,693	0,641	0,559	0,379
MMG07	1,941	0,960	0,886	0,775	0,526
MMG08	0,568	0,274	0,250	0,213	0,156
MMG09	0,171	0,081	0,075	0,064	0,047
MMG10	0,217	0,104	0,096	0,084	0,058
MMG11	1,079	0,212	0,156	0,091	0,018
MMG12	0,645	0,179	0,133	0,076	0,017
MMG13	0,236	0,065	0,048	0,028	0,006
MMG14	0,372	0,102	0,077	0,043	0,010
MMG15	0,978	0,270	0,200	0,114	0,025
MMG16	1,051	0,502	0,460	0,397	0,296
MMG17	1,424	0,751	0,695	0,593	0,430
MMG18	0,503	0,233	0,214	0,184	0,136
MMG19	0,388	0,009	0,005	0,002	0,000
MMG20	0,748	0,022	0,012	0,004	0,000

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

O Quadro 25 apresenta as vazões médias diárias com probabilidade de excedência de 99%, 95%, 90%, 85%, e a vazão média para cada **trecho** simulado.

Tais valores são instrumento para implementação dos instrumentos de vazão de referência/vazão outorgável.

Os trechos com nomenclatura “RGXX” representam o Rio Gravataí, do exutório do Banhado Grande até o Exutório da bacia hidrográfica. Os trechos com nomenclatura “RAGXX”, “RMGXX”, “RBGXX” representam trechos simulados no Alto, Médio e Baixo Gravataí, respectivamente.

A vazão em certo trecho é computada de acordo com todos os trechos e bacias contribuintes a montante e possíveis perdas de água no canal.

Quadro 25 - Probabilidade de excedência de vazões médias diárias, por trecho

Sub-bacia	Curva de Permanência					Descrição
	Qmed%	Q85%	Q90%	Q95%	Q99%	
	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	
RAG01	0,388	0,009	0,005	0,002	0,001	Alto Gravataí
RAG02	0,748	0,022	0,012	0,004	0,001	Alto Gravataí
RAG03	0,488	0,009	0,005	0,002	0,001	Alto Gravataí
RAG04	0,189	0,004	0,002	0,001	0,001	Alto Gravataí
RAG05	0,332	0,005	0,002	0,001	0,001	Alto Gravataí
RAG06	0,089	0,001	0,001	0,001	0,001	Alto Gravataí
RAG07	0,724	0,150	0,129	0,105	0,068	Alto Gravataí
RAG08	0,573	0,174	0,153	0,127	0,085	Alto Gravataí
RAG09	0,380	0,110	0,096	0,079	0,051	Alto Gravataí
RAG10	0,304	0,087	0,077	0,065	0,044	Alto Gravataí
RAG11	0,093	0,002	0,001	0,001	0,001	Alto Gravataí
RAG12	0,914	0,459	0,424	0,360	0,266	Alto Gravataí
RAG14	1,571	0,747	0,685	0,589	0,452	Alto Gravataí
RBG01	0,033	0,016	0,015	0,013	0,008	Baixo Gravataí
RBG02	0,116	0,056	0,051	0,044	0,029	Baixo Gravataí
RBG03	0,102	0,050	0,046	0,040	0,026	Baixo Gravataí
RBG04	0,041	0,020	0,018	0,016	0,010	Baixo Gravataí
RBG05	0,350	0,170	0,156	0,135	0,089	Baixo Gravataí
RBG06	0,138	0,071	0,065	0,056	0,037	Baixo Gravataí
RBG07	0,464	0,229	0,210	0,180	0,121	Baixo Gravataí
RBG08	0,728	0,353	0,323	0,279	0,185	Baixo Gravataí
RBG09	0,386	0,191	0,175	0,150	0,099	Baixo Gravataí
RBG10	0,679	0,352	0,323	0,285	0,221	Baixo Gravataí
RBG11	0,506	0,251	0,230	0,200	0,155	Baixo Gravataí
RBG12	0,430	0,202	0,183	0,160	0,107	Baixo Gravataí
RBG13	0,356	0,175	0,161	0,139	0,092	Baixo Gravataí
RBG14	0,436	0,209	0,191	0,165	0,111	Baixo Gravataí
RBG15	0,524	0,251	0,230	0,199	0,133	Baixo Gravataí
RBG16	0,295	0,145	0,133	0,115	0,075	Baixo Gravataí
RBG17	0,289	0,142	0,130	0,112	0,074	Baixo Gravataí
RBG18	0,278	0,137	0,126	0,108	0,071	Baixo Gravataí
RBG19	0,179	0,087	0,080	0,069	0,046	Baixo Gravataí
RBG17	0,289	0,142	0,130	0,112	0,074	Baixo Gravataí
RBG18	0,278	0,137	0,126	0,108	0,071	Baixo Gravataí
RBG19	0,179	0,087	0,080	0,069	0,046	Baixo Gravataí
RBG20	0,352	0,180	0,165	0,144	0,112	Baixo Gravataí
RBG21	0,455	0,231	0,212	0,185	0,144	Baixo Gravataí
RBG22	0,207	0,102	0,093	0,080	0,053	Baixo Gravataí
RBG23	0,259	0,124	0,114	0,098	0,066	Baixo Gravataí
RBG23	0,259	0,124	0,114	0,098	0,066	Baixo Gravataí
RBG23	0,259	0,124	0,114	0,098	0,066	Baixo Gravataí

Sub-bacia	Curva de Permanência					Descrição
	Qmed%	Q85%	Q90%	Q95%	Q99%	
	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	
RBG24	0,328	0,161	0,148	0,127	0,084	Baixo Gravataí
RBG25	0,298	0,147	0,134	0,116	0,076	Baixo Gravataí
RBG26	0,309	0,148	0,135	0,117	0,078	Baixo Gravataí
RBG28	0,620	0,321	0,294	0,252	0,167	Baixo Gravataí
RBG30	0,262	0,129	0,119	0,102	0,068	Baixo Gravataí
RBG31	0,025	0,013	0,012	0,010	0,007	Baixo Gravataí
RMG01	1,039	0,499	0,452	0,387	0,279	Médio Gravataí
RMG02	1,978	0,975	0,893	0,762	0,561	Médio Gravataí
RMG03	2,143	1,049	0,967	0,828	0,632	Médio Gravataí
RMG05	1,036	0,505	0,467	0,400	0,299	Médio Gravataí
RMG06	2,413	1,244	1,148	0,996	0,672	Médio Gravataí
RMG07	1,212	0,589	0,544	0,475	0,321	Médio Gravataí
RMG08	1,424	0,693	0,641	0,559	0,379	Médio Gravataí
RMG09	1,941	0,960	0,886	0,775	0,526	Médio Gravataí
RMG10	0,568	0,274	0,250	0,213	0,156	Médio Gravataí
RMG11	0,171	0,081	0,075	0,064	0,047	Médio Gravataí
RMG12	0,217	0,104	0,096	0,084	0,058	Médio Gravataí
RMG13	1,079	0,212	0,156	0,091	0,018	Médio Gravataí
RMG14	0,645	0,179	0,133	0,076	0,017	Médio Gravataí
RMG15	0,236	0,065	0,048	0,028	0,006	Médio Gravataí
RMG16	0,372	0,102	0,077	0,043	0,010	Médio Gravataí
RMG17	0,978	0,270	0,200	0,114	0,025	Médio Gravataí
RMG18	1,051	0,502	0,460	0,397	0,296	Médio Gravataí
RMG19	1,424	0,751	0,695	0,593	0,430	Médio Gravataí
RMG20	0,503	0,233	0,214	0,184	0,136	Médio Gravataí
RG00	5,354	2,314	2,030	1,655	0,990	Exutório do Banhado Grande
RG01	6,268	2,825	2,492	2,049	1,299	Rio Gravataí
RG02	8,388	3,827	3,408	2,809	1,926	Rio Gravataí
RG03	10,006	4,671	4,197	3,533	2,447	Rio Gravataí
RG04	12,854	6,286	5,668	4,851	3,442	Rio Gravataí
RG05	15,915	8,076	7,343	6,376	4,519	Rio Gravataí
RG06	19,365	9,852	8,954	7,850	5,458	Rio Gravataí
RG07	19,933	10,142	9,217	8,082	5,636	Rio Gravataí
RG08	20,437	10,398	9,457	8,296	5,784	Rio Gravataí
RG09	20,608	10,481	9,543	8,363	5,836	Rio Gravataí
RG10	25,187	12,204	11,002	9,533	6,739	Arroio Demétrio
RG11	25,221	12,217	11,018	9,546	6,752	Rio Gravataí
RG12	25,337	12,280	11,075	9,592	6,786	Rio Gravataí
RG13	25,481	12,356	11,143	9,656	6,827	Rio Gravataí
RG14	25,831	12,528	11,306	9,820	6,922	Rio Gravataí
RG15	25,970	12,606	11,372	9,879	6,962	Rio Gravataí
RG16	27,549	13,445	12,107	10,576	7,423	Arroio Água Belas
RG16B	27,905	13,621	12,273	10,730	7,518	Rio Gravataí
RG17	29,521	14,524	13,129	11,529	8,065	Arroio Barnabé
RG17B	29,956	14,749	13,330	11,712	8,177	Rio Gravataí

Sub-bacia	Curva de Permanência					Descrição
	Qmed%	Q85%	Q90%	Q95%	Q99%	
	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	
RG18	31,344	15,438	13,970	12,291	8,560	Arroio Feijó
RG19	31,783	15,665	14,174	12,474	8,698	Rio Gravataí
RG20	31,809	15,682	14,188	12,483	8,710	Rio Gravataí
RG21	32,823	16,240	14,722	12,968	9,036	Arroio Brigadeiro
RG22	34,005	16,850	15,286	13,450	9,359	Rio Gravataí
RG23	34,625	17,171	15,611	13,726	9,543	Rio Gravataí
RG24	34,846	17,272	15,711	13,824	9,598	Rio Gravataí
RG25	35,108	17,407	15,836	13,928	9,661	Exutório no R. Guaíba.

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

A Figura 15 apresenta a vazão específica ao longo do Rio Gravataí em relação à área de drenagem proporcional à área de bacia total. A vazão específica ponderada em função da área contribuição é de 11,46 l/s/km².

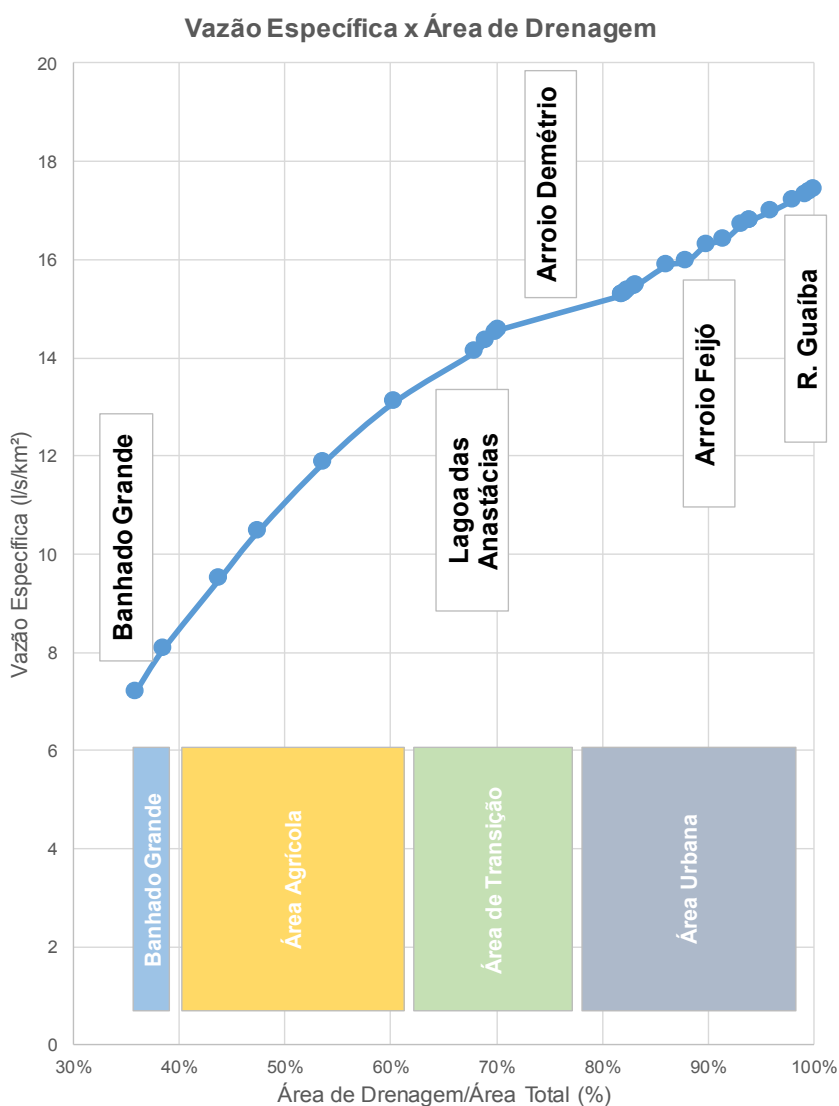


Figura 15 - Vazão Específica ao longo do Rio Gravataí x Área de Drenagem

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

O Quadro 26 apresenta as vazões características (Q99%, Q95%, Q90%, Q85%) para pontos notáveis dentro da bacia do Gravataí.

Quadro 26 - Pontos de Controle e vazões características (m³/s).

PONTO DE CONTROLE	Q85%	Q90%	Q95%	Q99%
Banhado Grande	3,827	3,408	2,809	1,925
Passo das Canoas Auxiliar	10,398	9,457	8,296	5,784
Passo das Canoas	12,217	11,018	9,546	6,752
Exutório Rio Gravataí	17,407	15,836	13,928	9,661

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

As vazões de permanência foram avaliadas de maneira mensal; no Quadro 27 e Figura 16 estão apresentadas as vazões de referência Q85% para todos os meses do ano nos principais trechos do Rio Gravataí.

Quadro 27 - Vazão de Permanência Q85% mensal para o trecho principal do Rio Gravataí (m³/s).

NOME	Área em Relação à Bacia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
RG00	35,9%	2,2	1,9	1,7	1,7	1,9	2,1	3,0	3,4	4,1	3,5	3,2	2,7
RG01	38,5%	2,7	2,5	2,2	2,1	2,3	2,6	3,5	3,9	4,8	4,1	3,9	3,2
RG02	43,8%	3,6	3,5	3,1	2,8	3,0	3,5	4,5	5,0	5,9	5,2	5,0	4,3
RG03	47,4%	4,5	4,4	3,8	3,5	3,7	4,2	5,3	5,8	6,9	6,1	6,1	5,1
RG04	53,7%	6,3	6,1	5,4	4,9	5,0	5,6	7,1	7,5	8,8	7,9	7,9	6,8
RG05	60,3%	8,1	8,0	7,0	6,4	6,5	7,2	8,9	9,3	10,9	9,8	9,8	8,6
RG06	68,0%	9,9	9,9	8,5	7,9	8,0	8,7	10,8	11,2	13,0	11,7	11,8	10,4
RG07	69,0%	10,1	10,2	8,8	8,1	8,2	9,0	11,1	11,5	13,4	12,0	12,1	10,7
RG08	69,9%	10,4	10,4	9,0	8,3	8,5	9,2	11,4	11,8	13,6	12,3	12,4	11,0
RG09	70,2%	10,5	10,5	9,1	8,4	8,5	9,3	11,5	11,9	13,8	12,4	12,5	11,1
RG10	81,8%	12,0	12,4	10,5	9,6	9,7	10,8	13,9	14,3	16,5	14,6	14,5	12,8
RG11	81,9%	12,0	12,4	10,5	9,6	9,7	10,8	14,0	14,3	16,5	14,7	14,5	12,9
RG12	82,1%	12,1	12,4	10,6	9,7	9,8	10,9	14,0	14,4	16,6	14,7	14,6	12,9
RG13	82,3%	12,1	12,5	10,6	9,7	9,8	10,9	14,1	14,4	16,6	14,8	14,7	13,0
RG14	83,0%	12,3	12,7	10,8	9,9	10,0	11,1	14,2	14,6	16,9	15,0	14,9	13,2
RG15	83,2%	12,4	12,8	10,8	10,0	10,1	11,1	14,3	14,7	17,0	15,1	15,0	13,3
RG16	86,1%	13,2	13,6	11,5	10,7	10,7	11,9	15,2	15,5	17,9	16,1	15,9	14,1
RG17	87,9%	14,3	14,8	12,6	11,8	11,6	12,9	16,2	16,6	19,2	17,3	17,1	15,3
RG18	89,8%	15,2	15,8	13,5	12,6	12,4	13,8	17,1	17,5	20,3	18,4	18,1	16,3
RG19	91,5%	15,4	16,0	13,6	12,8	12,6	14,0	17,3	17,7	20,6	18,7	18,3	16,5
RG20	93,1%	15,5	16,1	13,7	12,8	12,6	14,0	17,3	17,8	20,6	18,7	18,3	16,5
RG21	93,9%	16,0	16,7	14,2	13,3	13,0	14,6	17,8	18,3	21,3	19,4	19,0	17,1
RG22	93,9%	16,6	17,3	14,8	13,8	13,5	15,1	18,4	19,0	22,0	20,0	19,6	17,8
RG23	95,9%	16,9	17,7	15,1	14,1	13,8	15,4	18,7	19,3	22,4	20,4	20,0	18,1
RG24	98,0%	17,0	17,8	15,2	14,2	13,9	15,5	18,9	19,4	22,5	20,5	20,1	18,2
RG25	100,0%	17,2	17,9	15,3	14,3	14,0	15,6	19,0	19,5	22,7	20,7	20,3	18,4

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

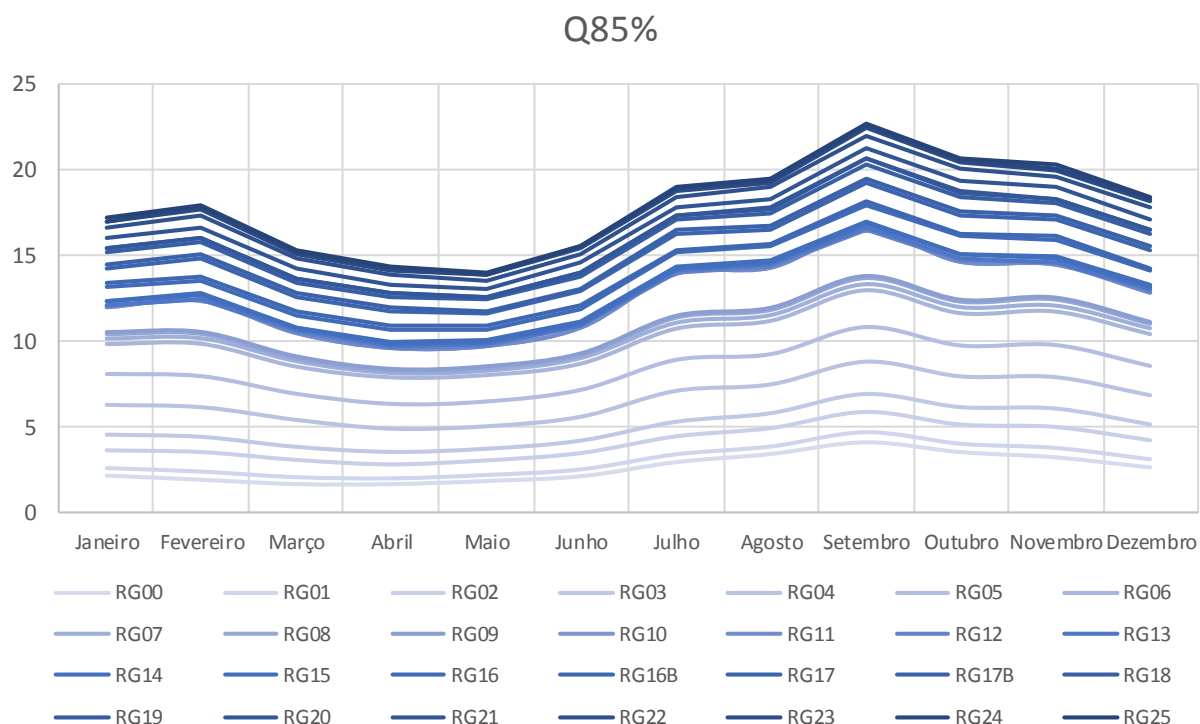


Figura 16 - Vazão de Referência Q85% ao longo do ano, ao longo do Rio Gravataí
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

As vazões de permanência foram avaliadas de maneira mensal, No Quadro 28 e Figura 17 estão apresentadas as vazões de referência Q90% para todos os meses do ano para os principais trechos do Rio Gravataí.

Percebe-se claramente que as vazões de referência variam ao longo do ano, onde os menores valores são verificados entre os meses de março e junho, e os maiores valores são verificados entre os meses de setembro e novembro.

Quadro 28 - Vazão de Permanência Q90% mensal para o trecho principal do Rio Gravataí (m³/s).

NOME	Área em Relação à Bacia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
RG00	35,9%	2,02	1,78	1,50	1,32	1,57	1,89	2,61	3,07	3,66	3,24	2,95	2,45
RG01	38,5%	2,49	2,29	1,91	1,69	1,93	2,27	3,09	3,59	4,31	3,76	3,54	2,97
RG02	43,8%	3,41	3,25	2,77	2,42	2,53	3,02	4,08	4,51	5,47	4,79	4,74	3,96
RG03	47,4%	4,23	4,09	3,51	3,07	3,21	3,69	4,83	5,30	6,42	5,71	5,69	4,85
RG04	53,7%	5,84	5,71	4,96	4,34	4,46	5,01	6,51	6,76	8,08	7,37	7,42	6,47
RG05	60,3%	7,52	7,47	6,46	5,78	5,84	6,59	8,16	8,44	10,02	9,10	9,30	8,18
RG06	68,0%	9,05	9,30	7,87	7,10	7,20	8,16	9,72	10,14	12,11	10,97	11,19	9,91
RG07	69,0%	9,35	9,58	8,15	7,31	7,40	8,39	10,01	10,42	12,45	11,29	11,51	10,21
RG08	69,9%	9,57	9,82	8,37	7,50	7,60	8,60	10,26	10,66	12,81	11,54	11,81	10,46
RG09	70,2%	9,65	9,90	8,45	7,57	7,66	8,68	10,34	10,73	12,91	11,62	11,90	10,55
RG10	81,8%	10,95	11,34	9,64	8,56	8,78	9,93	12,49	12,95	15,33	13,74	13,72	12,14
RG11	81,9%	10,97	11,36	9,66	8,58	8,79	9,95	12,51	12,95	15,35	13,76	13,74	12,16
RG12	82,1%	11,02	11,43	9,71	8,63	8,83	10,00	12,57	13,00	15,42	13,81	13,81	12,22
RG13	82,3%	11,08	11,50	9,77	8,68	8,89	10,07	12,64	13,07	15,50	13,87	13,89	12,29

NOME	Área em Relação à Bacia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
RG14	83,0%	11,30	11,69	9,93	8,83	9,02	10,23	12,79	13,23	15,69	14,08	14,08	12,48
RG15	83,2%	11,34	11,77	10,00	8,89	9,08	10,29	12,87	13,30	15,79	14,16	14,15	12,55
RG16	86,1%	12,12	12,60	10,68	9,54	9,71	10,97	13,63	14,00	16,75	15,02	15,00	13,34
RG17	87,9%	12,28	12,79	10,84	9,68	9,86	11,11	13,81	14,17	16,96	15,23	15,19	13,52
RG18	89,8%	13,15	13,78	11,68	10,45	10,53	11,88	14,63	14,98	17,96	16,17	16,16	14,43
RG19	91,5%	13,34	14,02	11,85	10,64	10,67	12,07	14,83	15,17	18,20	16,40	16,40	14,62
RG20	93,1%	13,98	14,73	12,47	11,19	11,24	12,66	15,49	15,85	18,96	17,11	17,12	15,38
RG21	93,9%	14,19	14,97	12,67	11,43	11,41	12,85	15,69	16,06	19,22	17,33	17,36	15,60
RG22	93,9%	14,21	14,98	12,68	11,45	11,43	12,86	15,71	16,07	19,24	17,35	17,37	15,61
RG23	95,9%	14,73	15,58	13,18	11,90	11,87	13,35	16,23	16,61	19,86	17,95	17,98	16,17
RG24	98,0%	15,32	16,20	13,67	12,40	12,38	13,83	16,81	17,12	20,53	18,61	18,61	16,76
RG25	100%	15,63	16,53	13,93	12,61	12,64	14,11	17,12	17,41	20,95	18,95	18,96	17,11

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

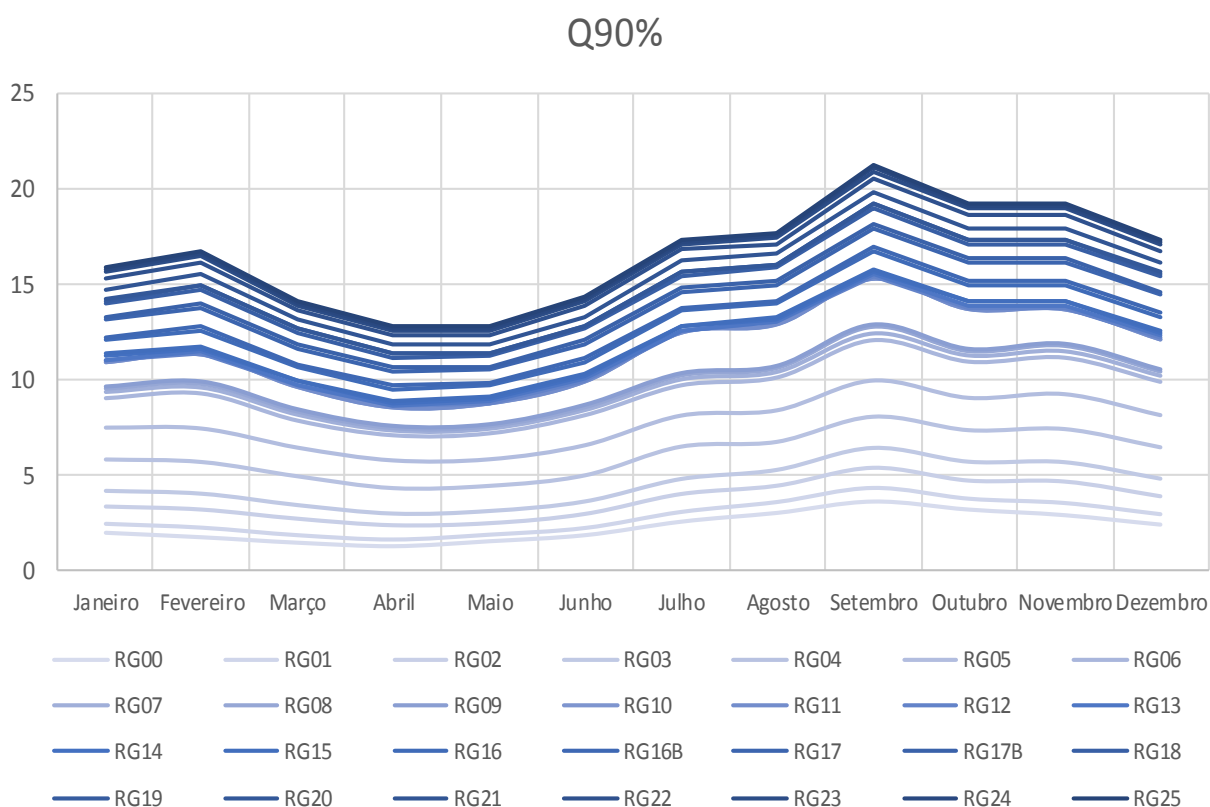


Figura 17 - Vazão de Referência Q90% ao longo do ano, ao longo do Rio Gravataí

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ **Balanco Hídrico**

A análise a ser feita para determinação do atendimento das demandas é a da vazão remanescente, onde a vazão no trecho seguinte do curso d'água é uma função das vazões de contribuição de montante e tributários e das retiradas para as diversas demandas.

Os seguintes elementos podem divergir da situação atual da bacia do Gravataí em relação ao modelo hidrológico apresentado:

- **As vazões de outorga não são respeitadas:** Devido à falha de fiscalização os consumidores orizícolas (localizados nos trechos altos e médio-altos da bacia) demandam o máximo possível para garantir suas culturas, isto leva a uma falha menor aparente (menos frequente) nas demandas.

O reflexo disto é a redução da segurança hídrica para manutenção da qualidade do ecossistema do Rio Gravataí e abastecimento público a jusante. Isto parece ser confirmado pelas frequentes falhas de atendimento da CORSAN devido à escassez no curso d'água, mesmo sendo as demandas de abastecimento público relativamente pequenas em relação a capacidade de produção do Rio Gravataí.

- **O Banhado Grande e dos Pachecos são utilizados como reservatórios exploráveis:** derivações ou bombeamentos diretamente dos banhados não foram considerados na simulação.

Caso tais ocorram o atendimento de demandas aparente irá ser consideravelmente elevado. Tal prática aparenta estar ocorrendo em certa capacidade devido à grande redução da área do Banhado Grande nos últimos anos.

✓ **Abastecimento Público**

Levando em consideração a priorização do abastecimento público pela legislação vigente, inicialmente foram analisadas as demandas para tal setor e após as demandas totais.

O Quadro 29 apresenta as vazões demandas para o sistema de abastecimento e as vazões disponíveis.

Os valores das demandas são apresentados no ponto de captação e acumuladas, isto é, considerando-se todas as demandas setoriais a montante do ponto de captação indicado.

A partir da análise destes valores pode-se concluir que se priorizando o abastecimento humano, não deverá haver grandes problemas de fornecimento para estas demandas, principalmente no manancial do Rio Gravataí em si.

Quadro 29 - Demandas do abastecimento público e vazões demandadas (m^3/s)

PONTO DE CONTROLE	Demanda Pontual	Demanda Acumulada	Q85%	Q90%	Q95%	Q99%
Captação ETA Glorinha	0,012	0,012	0,174	0,153	0,127	0,085
Captação ETA Passo dos Negros	0,343	0,451	9,852	8,954	7,849	5,458
Captação ETA Viamão	0,096	0,096	0,693	0,641	0,559	0,379
Captação ETA Alvorada	1,113	1,564	12,528	11,306	9,820	6,922

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ **Demandas Totais**

Embora o abastecimento público apresente boa garantia quando analisado isoladamente o contexto da bacia do Rio Gravataí apresenta demandas importantes do setor agrícola e principalmente, orizícola.

A análise de atendimento das demandas foi realizada considerando:

- A localização ao longo do Rio Gravataí;
- A vazão máxima outorgável considerando o percentual outorgável e a vazão de referência mensal por trecho;
- O percentual de dias do ano com falhas de atendimento;
- O déficit médio diário de vazão;
- A área da safra de arroz de 2015-2016 e sua variação de demanda quinzenal.

A Figura 18, a Figura 19, a Figura 20 e a Figura 21 apresentam as seguintes características do atendimento de demandas ao longo do Rio Gravataí:

- O percentual de dias por ano em que a vazão máxima outorgável não atende as demandas;
- O percentual médio do déficit anual de vazões nos períodos de não atendimento;
- O volume de déficit anual por trecho do rio;

O coeficiente $C=0,90$ significa o percentual outorgável da vazão de referência escolhido na análise dos estudos hidrológicos.

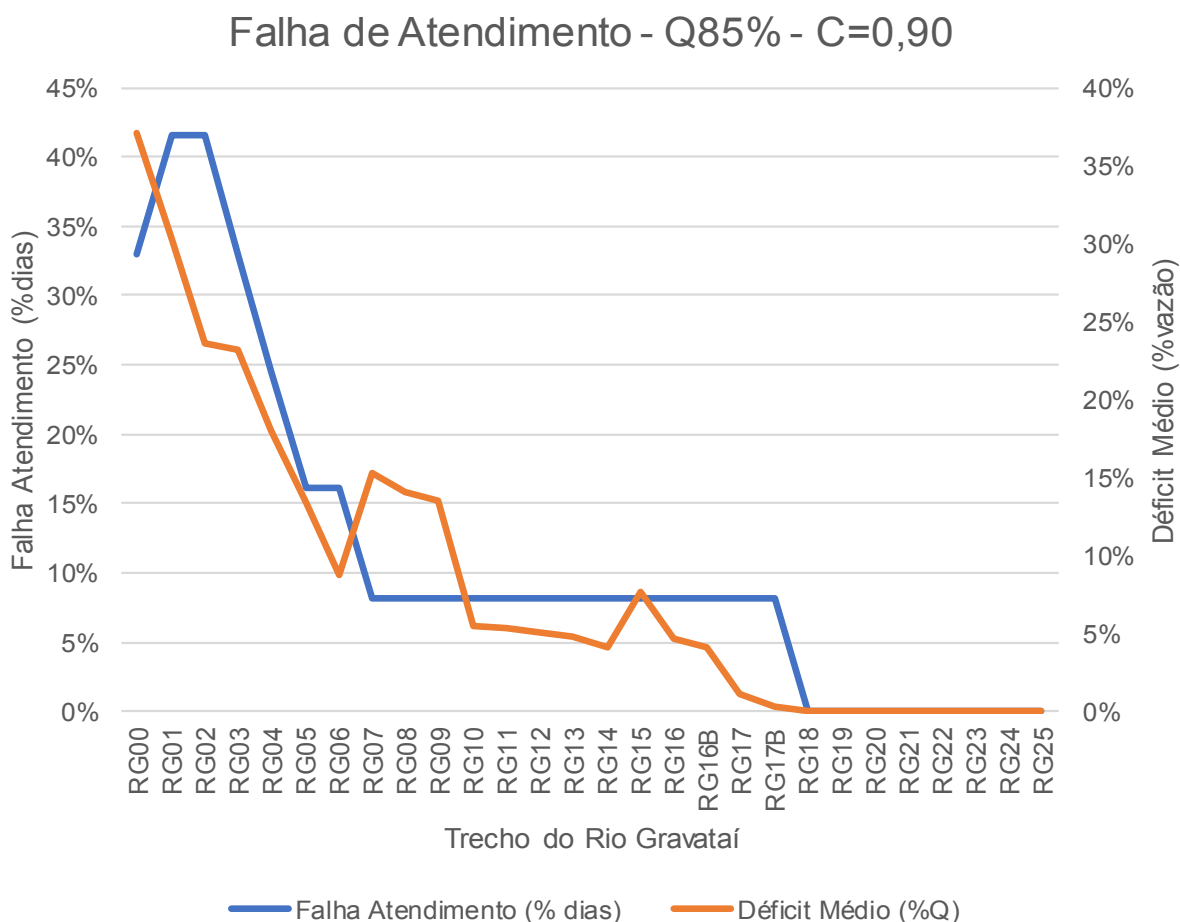


Figura 18 - Falhas de Atendimento - Q85% e $C=0,90$ - déficit médio

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

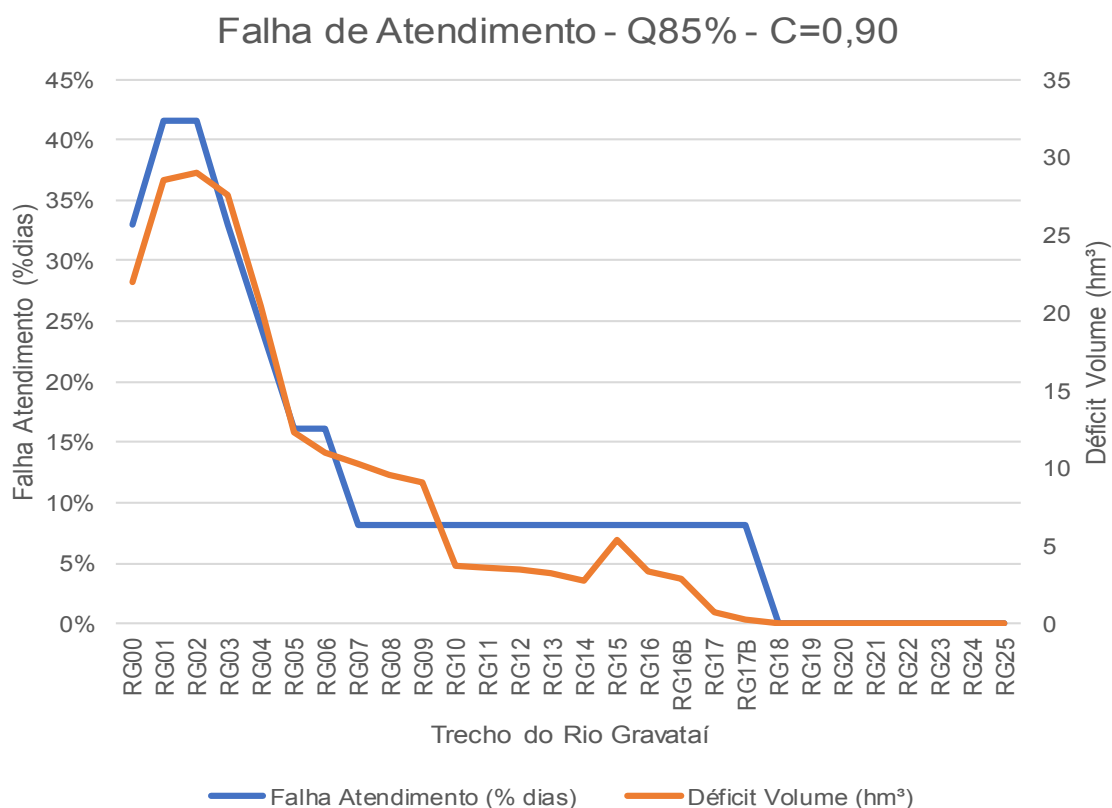


Figura 19 - Falhas de Atendimento - Q85% e C=0,90 - falhas e déficit de volume
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

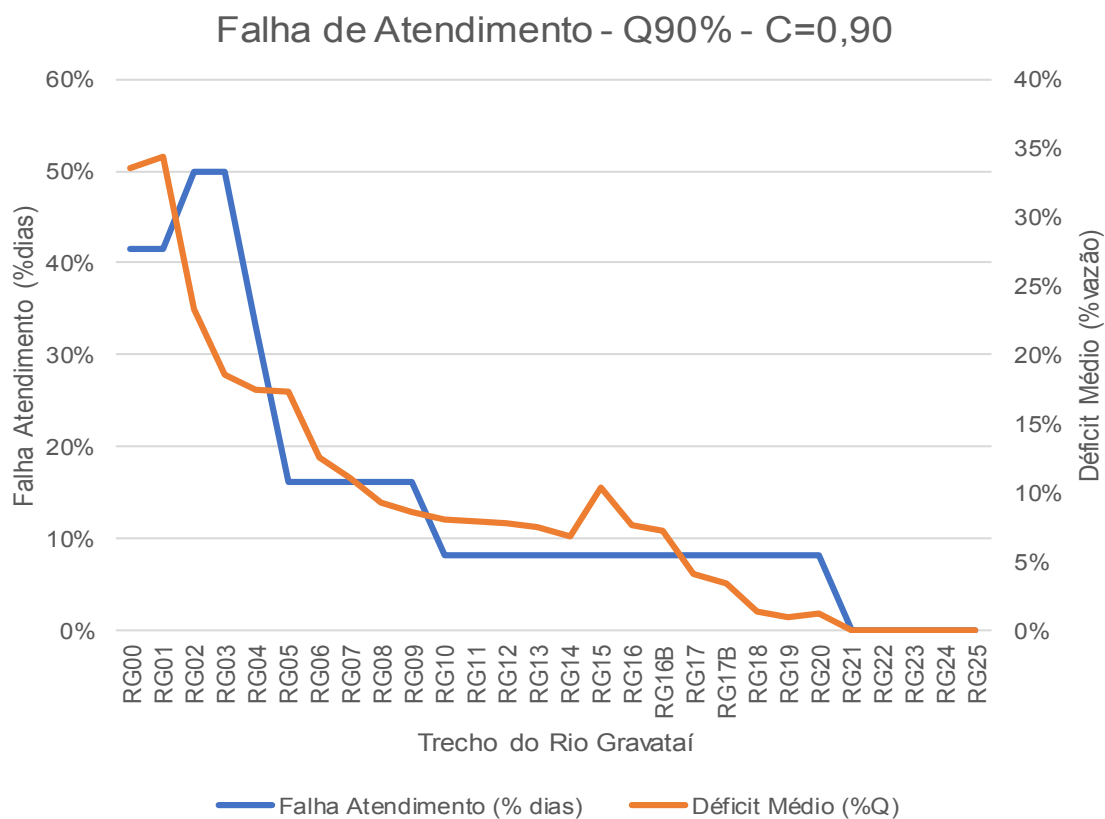


Figura 20 - Falhas de Atendimento - Q90% e C=0,90 - falhas e déficit médio
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

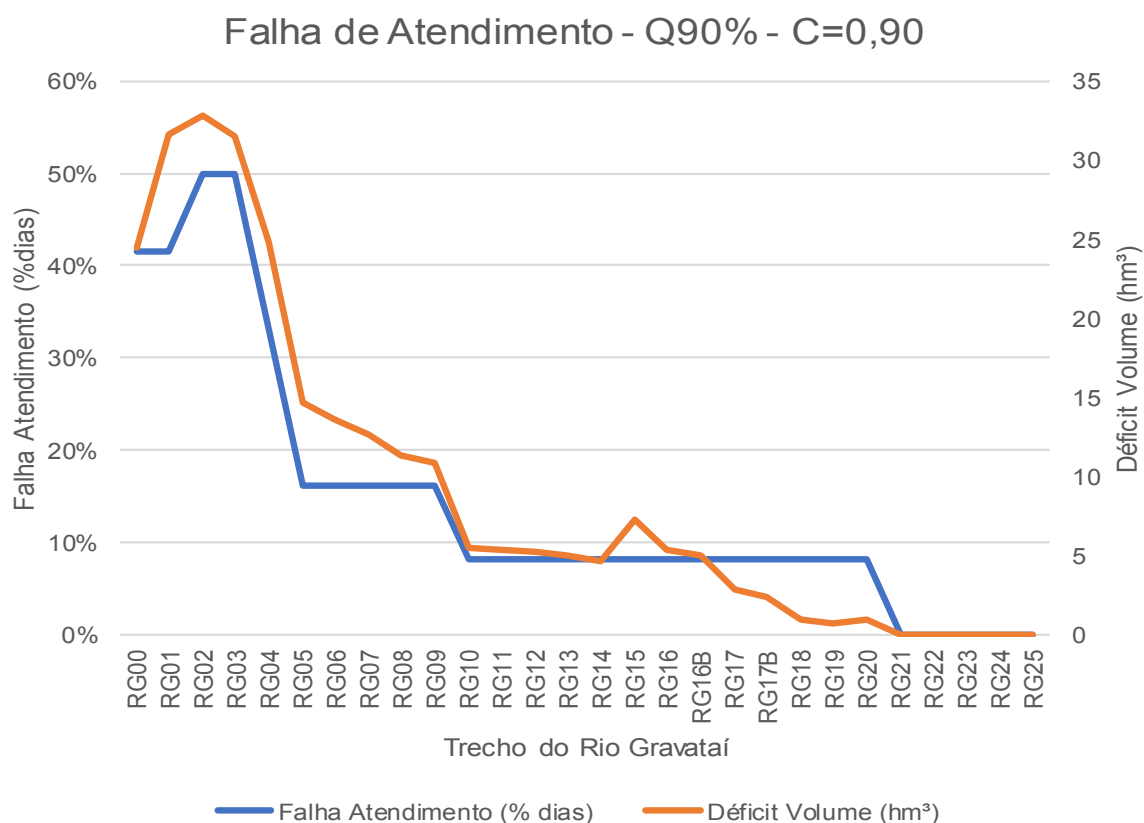


Figura 21 - Falhas de Atendimento - Q90% e C=0,90 - falhas e déficit de volume
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Interpretação:

- Q85% - C=0,90:** apresenta um pico de falha de atendimento das demandas logo a jusante do exutório do Banhado Grande caindo rapidamente até o final do trecho com demandas principais do setor orizícola (RG05). As falhas de atendimento são, no pior trecho observado, de 42% do tempo e 37% da vazão média.
Logo após o trecho das demandas agrícolas principais, as falhas caem para em torno de 15% do tempo e 15% da vazão, reduzindo mais ainda a jusante da bacia. O volume deficitário máximo de 29 hm³.
- Q90% - C=0,90:** apresenta um pico de falha de atendimento das demandas logo a jusante do exutório do Banhado Grande reduzindo-se mais lentamente (em relação à situação anterior) até o final do trecho RG05. As falhas de atendimento são, no pior trecho observado, de 50% do tempo e 34% da vazão média.
A falha de vazão média é menor devido ao período mais longo, o que pode ser observado pelo volume deficitário maior do que a situação anterior, chegando a 33 hm³.

✓ Eventos de Cheia

Segundo Tucci (2009) os hidrogramas de projeto são usualmente determinados com base na precipitação. O hidrograma pode ser associado a precipitações máximas prováveis e precipitações associadas a risco ou probabilidade de ocorrência. O segundo método é o utilizado no contexto da bacia do Gravataí.

O hidrograma de projeto é obtido através da precipitação de projeto aplicada a cada sub-bacia e a propagação da mesma através dos canais e reservatórios até a seção de interesse. Devido à dimensão da bacia do Gravataí a discretização da precipitação é indispensável para caracterização dos eventos de chuvas extremas.

Devido à metodologia utilizada (modelo chuva-vazão) o hidrograma de projeto resultante terá seu risco associado às precipitações e não aos hidrogramas passantes em trecho da bacia.

As precipitações de projeto analisadas foram aquelas com tempo de retorno de: 5, 10, 20, 25, 50 e 100 anos.

A precipitação máxima pontual não é a mesma para toda a bacia (apenas para bacias de pequenas dimensões). Durante um evento chuvoso as precipitações máximas ocorrem sobre uma pequena área, reduzindo-se com o espaço. Para a estimativa da precipitação média é utilizado um coeficiente de abatimento.

O intervalo de tempo de discretização da precipitação deve ser menor ou igual a 1/5 do tempo de concentração e 1/3 do tempo de pico.

Devido à quantidade de sub-bacias e à variação de suas características, o intervalo de tempo de precipitação deve ser compatível com cada uma destas. Neste caso o intervalo de tempo escolhido para a representação dos eventos de chuva foi de 5 minutos.

Um evento crítico de chuva pode ser construído artificialmente com base em características estatísticas de eventos observados e registrados. Estas características estatísticas e parâmetros são levados em conta através de dois elementos básicos: **(a)** período de retorno, **T_r** da precipitação de projeto (anos) e **(b)** duração crítica do evento (min) igual ou superior ao tempo de concentração.

É usual representar as precipitações extremas a partir de relações intensidade-duração-frequência (curvas IDF) das precipitações sobre a bacia contribuinte.

Os hietogramas de projeto foram obtidos a partir do método dos blocos alternados, cujas etapas foram:

- seleção da duração total da precipitação (t_d) e do intervalo de discretização ($\Delta t = 5\text{min}$)
- obtenção da precipitação a partir da relação IDF
- transformação das intensidade em alturas de precipitação acumuladas até o último intervalo de tempo
- cálculo dos incrementos dos totais acumulados por intervalo
- rearranjo dos incrementos ou blocos, obtidos em uma sequência tal que, no centro da duração da precipitação se situe o bloco maior e, em seguida, os demais.

As condições iniciais adotadas para o modelo escolhido devem procurar condições desfavoráveis de projeto e com chance de ocorrência.

As seguintes condições iniciais foram adotadas:

- Níveis do Banhado Grande e Banhado dos Pachecos: **N99%** da série histórica
- Capacidade disponível de interceptação: **0%**
- Capacidade disponível de retenção no solo: **0%**

Os resultados das simulações dos eventos de cheias quanto às vazões para os TR's 5, 10, 25, 50 e 100 anos são apresentados com detalhe no Produto 10. As análises dos eventos de cheia serão complementadas no Relatório de Simulações Hidráulicas, PRODUTO 11 do estudo.

3.6.10 Conclusão

Pode-se observar através da análise de duas condições de vazão máxima outorgável (Q85 e Q90) que as demandas atuais do Rio Gravataí não permitem uma garantia hídrica suficiente para manutenção dos ecossistemas que dependem do curso d'água e nem uma garantia suficiente para a produção agrícola.

Atualmente os efeitos mais aparentes, embora já impactem a condição daqueles que dependem do rio, estão mascarados pela captação não rigorosamente fiscalizada. Os efeitos negativos menos imediatos, como a falha na manutenção dos ecossistemas dependentes do Rio Gravataí, já mostram indicativos na redução de área do Banhado Grande.

Ressalta-se que se utilizando as vazões de referência Q85 e Q90 como base para a outorga não está nem se apresentando critério ademais rigoroso, visto outros critérios utilizados em todo o Brasil, mesmo assim, os déficits apresentados no atendimento das demandas foram significativos.

O Plano de Bacia do Gravataí preconizou uma redução de área de plantio de 20% na bacia do Gravataí a partir da área efetiva de 2011, isto é, uma área efetiva de 16.820 ha. O presente estudo estimou um crescimento na área de arroz inserida na bacia do Gravataí para 23.083 ha (2015-2016), ou seja, uma diferença a mais entre a área-meta de 2011 e a área atual de 37%.

Além disto, a prática da rizicultura na bacia demanda a realização de terraplenagem, o que exacerba os problemas de abastecimento, pois a movimentação de solo mobiliza sedimentos nos cursos d'água, o que compromete o funcionamento das captações d'água. O somatório destes problemas faz com que se apresente uma condição hídrica não sustentável para a Bacia do Rio Gravataí.

Os estudos em sequência neste trabalho deverão apresentar ações e instrumentos para compatibilizar a atividade econômica, vital para os municípios em questão, com a manutenção dos ecossistemas da bacia e garantia do atendimento público, prioridade na legislação de recursos hídricos brasileira.

Quanto às vazões de cheias, foi possível estimar os hidrogramas respectivos de cada Tempo de Retorno proposto para darem entrada ao módulo hidráulico HEC-RAS e, assim, estimar as áreas inundadas pela planície de inundação.

3.7 SIMULAÇÕES HIDRÁULICAS E MAPAS DE INUNDAÇÕES

As simulações hidráulicas e mapas de inundações têm por objetivo avaliar a propagação das vazões máximas de projeto no Rio Gravataí, levando-se em conta obstruções ao escoamento, geometria da calha principal, extravasamentos para a planície de inundação e efeitos de jusante. Os resultados das simulações e mapas são apresentados no Produto 11.

Foi realizada a avaliação dos riscos no qual a população urbana da área de interesse está sujeita, quantificando e associando os danos às probabilidades de eventos extremos. A verificação das condições de cheias na bacia permitiu a elaboração de mapas de inundação.

Desta forma e por natureza dos eventos de cheias foram utilizados os componentes de modelagem em regime não permanente.

A Figura 22 apresenta a área do escopo da modelagem. Os trechos dentro das áreas hachuradas apresentam cursos d'água que fazem parte da modelagem hidrodinâmica. Os trechos que estão fora destas áreas não fizeram parte da modelagem hidrodinâmica, embora se ressalte que toda a bacia está compreendida na modelagem hidrológica.

3.7.1 Modelo Hidrodinâmico

O software utilizado para a modelagem hidrodinâmica das cheias foi o HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center River Analysis System) elaborado pela USACE (US Army Corps of Engineering). A versão utilizada do software foi a 5.0.3 e pode ser obtida em [<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>].

Este programa permite o cálculo da hidráulica em regime permanente em 1D ou regime não permanente em 1D e 2D. O sistema é composto de uma interface de usuário, componentes de análise hidráulica, componentes de armazenamento e gerenciamento de dados, visualização, mapeamento e elaboração de relatório de resultados.

O programa HEC-RAS contém 4 componentes de análise hidráulica: (1) modelagem 1D em regime permanente (2) modelagem 1D ou 2D em regime não permanente (3) modelagem de transporte de sedimentos (4) modelagem de temperatura e transporte (ex: contaminantes).

Uma capacidade importante deste programa é a capacidade de conectar modelos de 1D e 2D em uma mesma simulação. Isto permite reduzir a complexidade do modelo onde necessário e assim obter-se ganhos computacionais.

Todos componentes de análise hidráulica possuem a mesma representação de dados e geometrias além de mesmas rotinas computacionais. O programa também permite a elaboração de mapas de inundação diretamente na sua interface.

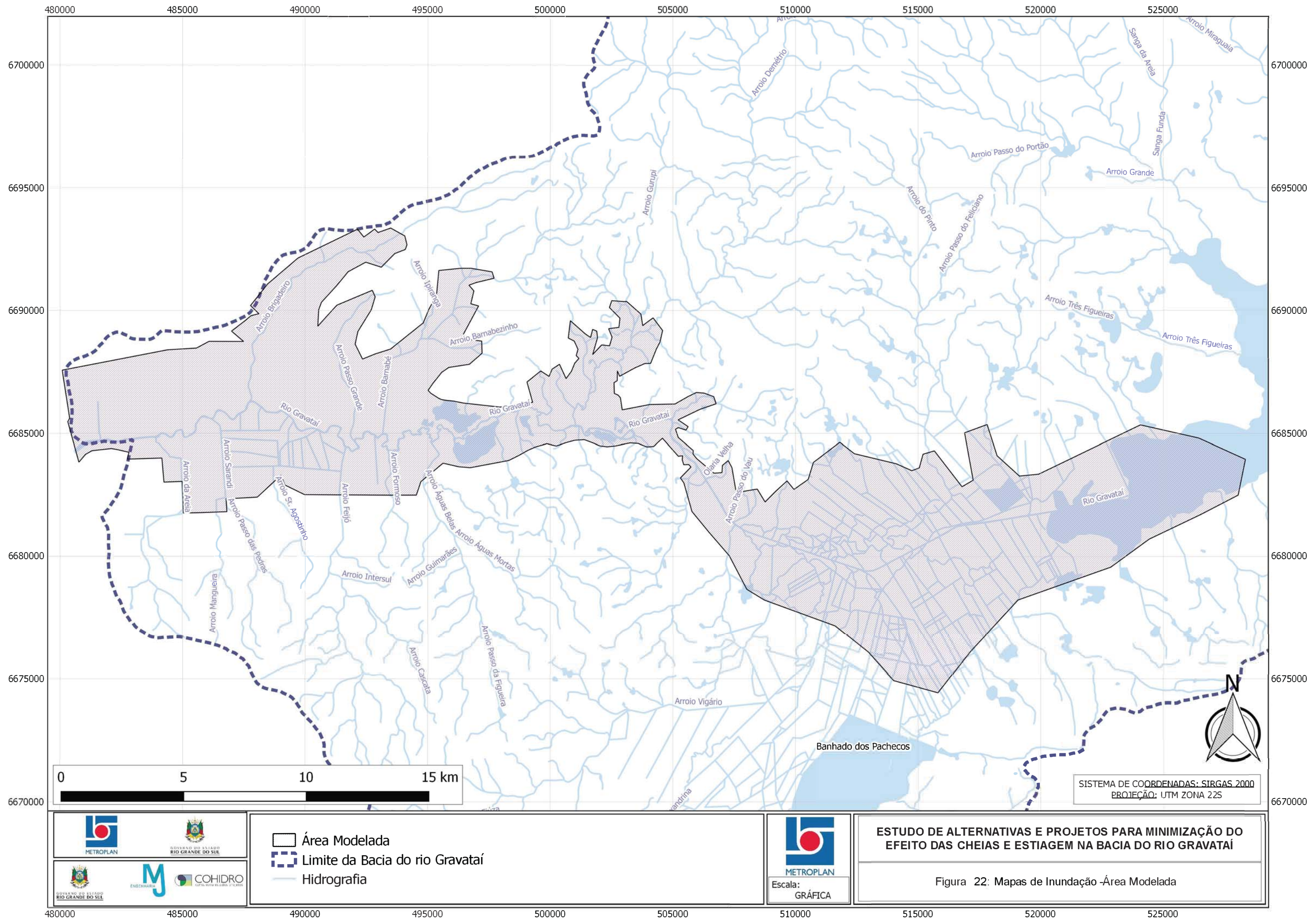
✓ Características do Modelo

O procedimento computacional básico para solução das variáveis hidráulicas é a solução de equações de energia, neste caso a equação de Saint Venant (em sua forma unidimensional ou bidimensional).

As perdas de energia são computadas nas mais diversas formas: fricção (equação de Manning), coeficientes de expansão e contração, modelagem de turbulência, etc.

O modelo em si é constituído pelos seguintes elementos:

- Geometria: representa as superfícies hidráulicas e outros elementos correntes, como pontes e bueiros, assim como a própria hidrografia (trechos, junções). Apresenta também as características hidráulicas dos trechos como rugosidades, áreas de fluxo inefetivo, obstruções, diques, etc.
- Condições de contorno: representa os controles de nível nos extremos de modelo. Pode ser calculado como uma cota fixa, a altura normal, uma curva cota x vazão conhecida ou um cotograma; hidrograma de entrada: representa a vazão x tempo a ser computada em cada trecho.



✓ Base Teórica dos Modelos

Quanto ao modelo HEC-RAS 1D (regime não permanente), este é representado pelas leis fundamentais que regem o escoamento em um curso d'água são: (1) conservação de massa (2) conservação de quantidade de movimento.

Estas leis são expressas matematicamente na forma de equações diferenciais parciais e são, por simplicidade, referidas como equação da continuidade e quantidade de movimento.

A equação da continuidade define que para um volume de controle a taxa de entrada de vazão neste deve ser igual a variação da taxa de armazenamento

As equações da *Continuidade* e da *Quantidade de Movimento* são desenvolvidas e expressas no Produto 11 em detalhe.

Quanto ao modelo HEC-RAS 2D (regime não permanente), este é representado pelas equações de Navier-Stokes que são equações diferenciais que descrevem a dinâmica de fluidos em 3 dimensões. Tais equações permitem determinar os campos de velocidade e de pressão num escoamento.

No contexto de escoamento em canais e modelagem de cheias, simplificações sobre esta equação podem ser aplicadas, como as equações para Águas Rasas.

Outras suposições utilizadas na modelagem são: escoamento incompressível, densidade uniforme e pressões hidrostáticas, assim como efeitos simplificados da turbulência no tempo.

Além disto, assume-se que as velocidades horizontais são de magnitude muito maior do que as velocidades verticais.

Nos escoamentos de águas rasas os termos dominantes são a gravidade e a fricção de fundo nas equações quantidade de movimento, sendo os demais termos ignorados.

A equação de quantidade de movimento de Navier-Stokes se torna a forma bidimensional da aproximação de onda difusa.

Combinando esta equação com a de conservação de massa obtém-se um modelo de uma única equação, o a aproximação de Onda Difusa para Águas Rasas.

Tais simplificações visam a redução do tempo computacional (custo computacional) para obtenção de soluções para o escoamento.

A abordagem de solução utilizada pela versão 2D do HEC-RAS é a do método dos volumes finitos, isto é, um método de resolução de equações de derivadas parciais baseado na resolução de balanços de massa, energia e quantidade de movimento a um determinado volume de meio contínuo.

As equações de *Conservação de Massa* e *Conservação da Quantidade de Movimento* são desenvolvidas e expressas no Produto 11 em detalhe.

3.7.2 Elaboração dos Mapas de Inundação

As bases principais de dados para construção do modelo hidrodinâmico são:

- Levantamentos Aerofotogramétricos, Topográficos, Topobatimétricos e Cadastrais realizados especificamente para este trabalho e consolidados conforme apresentado nos Relatórios de Levantamentos de Campo. Tais levantamentos foram apresentados em relatório de etapa anterior.
- Levantamentos topográficos existentes: Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul (1:50.000) e Bases Topográficas Municipais;
- Levantamentos de satélite: SRTM (Shuttle Radar Topography Mission);

Por não existir uma só base de dados espaciais com detalhamento suficiente para construção do modelo com precisão adequada, todas as informações planialtimétricas disponíveis foram consolidadas em uma base única podendo assim obter o máximo de detalhes para tal.

Os dados de entrada para o modelo hidrodinâmico são os resultados obtidos na simulação hidrológica.

A simulação hidrológica assim como a simulação hidrodinâmica foi realizada considerando a apresentando da situação atual e nos produtos seguintes foram apresentadas outras considerando os estudos de alternativas e cenários futuros.

✓ **Construção do Modelo**

Para a modelagem hidrodinâmica do escoamento a superfície hidráulica computacional foi construída a partir de dados topográficos e topobatimétricos existentes.

A criação do modelo de terreno é um passo de pós-processamento dos dados topográficos levantados e é importante para se utilizar da melhor forma possível dos levantamentos realizados.

A partir destes levantamentos foi construída uma superfície TIN (*triangulated irregular network*), isto é, uma estrutura de dados de superfície constituída de nós distribuídos de forma irregular e pontos tridimensionais arranjados como uma rede de triângulos não sobrepostos.

Mesmo existindo uma quantidade significativa de dados planialtimétricos levantados é maior ainda densidade necessária para construção de uma superfície contínua que represente de forma adequada às seções hidráulicas.

Isto se torna evidente na questão dos levantamentos topobatimétricos onde pode existir uma distância significativa entre as seções de rio levantadas e tal condição podendo levar à construção equivocada da superfície hidráulica.

Para sanar tal limitação foi necessária a inserção de informações planialtimétricas complementares.

Tais informações complementares se utilizaram dos pontos com cotas conhecidas existentes, mas teve como objetivo representar elementos de elevação que, devido à característica irregular da distribuição de pontos, não puderam ser levantados. Exemplos:

- Curvas e meandros de rio entre duas seções topobatimétricas;
- Elementos construídos com grande extensão longitudinal ao rio (ex: diques);
- Canais secundários de curta extensão.

Após a construção do modelo de terreno e conversão para um formato de malha estruturada o mesmo foi carregado para o HEC-RAS Mapper para o pré-processamento de geometrias e assim, permitir sua utilização na modelagem.

✓ **Construção da Malha Computacional**

A malha computacional representa o detalhamento espacial para o cálculo das equações hidrodinâmicas do modelo. A malha computacional é constituída de células que apresentam dimensão física real e onde o escoamento é considerado uniforme.

Quanto menor a área individual das células maior a quantidade de células para cobrir um mesmo espaço e, assim, maior o custo computacional (relação entre tempo de simulação e capacidade de processamento) necessário.

✓ **Parâmetros**

A vazão e cota nos trechos de rio/canal simulados são diretamente relacionados ao coeficiente de rugosidade de Manning do trecho.

A estimativa deste parâmetro é fundamental para a modelagem hidrodinâmica, sendo altamente variável e dependente de um número de fatores como macro rugosidades da superfície dos canais, vegetação, irregularidades na seção, alinhamento do trecho, etc.

Considerando a aleatoriedade de ocorrência de eventos de precipitação o parâmetro de rugosidade para uma determinada seção foi determinado através da pior condição de provável ocorrência, independente de sazonalidade.

Considerando o escopo da simulação e a impossibilidade de caracterização detalhada da rugosidade de cada trecho simulado, algumas generalizações foram realizadas.

A partir das seguintes referências abaixo relacionados foi elaborada uma relação das tipologias de revestimentos, canais e ocupação de solo características de bacia em questão e associado um valor de rugosidade para tal; ver (Quadro 30) a seguir:

Quadro 30 - Coeficientes de rugosidade propostos

Tipologia	Rugosidade
Canais Artificiais	
Canal, aduela, galeria de concreto	0,013
Gabião ou canal com enrocamento	0,030
Canal escavado, sem revestimento	0,023
Canais Naturais	
Canal natural, sem vegetação	0,033
Canal natural, com vegetação de pequeno porte	0,040
Canal natural, com vegetação de grande porte nas margens	0,050
Planícies de Inundação	
Banhado sem vegetação de grande porte	0,120
Planície de inundação com vegetação de grande porte	0,200
Lavoura	0,100
Outros Elementos	
Área Urbana - alta densidade	0,150
Área Urbana - baixa densidade	0,100

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Referências:

- ARCEMENT, GEORGE J.; SCHNEIDER, VERNE R. - Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains. 1989;
- CHOW, V. T. - Open channel hydraulics. 1959.

✓ **Obras Correntes**

Os trechos de rios e canais analisados estão inseridos em contextos urbanos, desta forma, diversas pontes afetam diretamente a seção hidráulica e o cálculo hidrodinâmico do escoamento.

O HEC-RAS computa as perdas de energia em estruturas como pontes, bueiros e galerias em 3 componentes. Embora o modelo tenha sido construído em 2D as estruturas de pontes foram simuladas como um escoamento 1D nesta versão do programa.

Tais seções são criadas a partir dos parâmetros geométricos definidos no programa e levantados a partir do cadastro das estruturas das pontes (número, formato e geometria dos pilares, altura do tabuleiro, largura das pistas, etc.).

✓ **Escopo**

O modelo hidrodinâmico foi construído apenas nos trechos onde o impacto das cheias ou conhecimento do comportamento é importante, desta forma, foram analisados apenas os trechos do Rio Gravataí a partir do exutório do Banhado Grande e os tributários principais (Arroios Passo Grande, Barnabé, Barnabezinho, Demétrio e Brigadeiro).

✓ **Condições Iniciais e de Contorno**

Condições de contorno devem ser estabelecidas em todos os limites (contornos) do sistema hídrico modelado. Condições de contorno podem ser estabelecidas em quaisquer pontos de controle do sistema onde sejam apropriadas, no trecho inicial simulado, no trecho final simulado e nos tributários importantes.

As condições de montante podem ser estabelecidas das seguintes formas:

- Hidrograma de entrada;
- Cotograma de entrada;
- Cota x vazão de entrada.

As condições de jusante podem ser estabelecidas das seguintes formas:

- Curva cota x vazão;
- Profundidade normal;
- Hidrograma de entrada;
- Cotograma de entrada;
- Cota x vazão de entrada.

As condições internas ao sistema podem ser estabelecidas das seguintes formas:

- Hidrograma de vazão lateral de entrada;
- Hidrograma de vazão lateral uniforme;
- Vazão de entrada de aquífero;
- Cota x vazão de entrada.

Devido à característica estocástica dos eventos hidrológicos a condição inicial de cada elemento modelado na bacia não pôde ser definida claramente.

A simulação de eventos de precipitação máxima com intuito de determinação de manchas de inundação então se deve valer de cenários realísticos para cada um dos elementos hidráulicos com impacto no escoamento.

Assim foram propostas as seguintes condições:

- **Condição inicial de vazão:** igual a Q50% (e nível correspondente) para cada trecho simulado para TR 5 anos.
Para os demais tempos de retorno a condição inicial utilizada foi a condição hidráulica simulada para o TR imediatamente anterior (ex: TR 50 tem como condição inicial o resultado da simulação do TR 25)
- **Nível e condição de armazenamento no Banhado Grande:** considerando que a capacidade de retenção do Banhado Grande é reduzida na época de maiores índices pluviométricos é justificável considerar que seu efeito benéfico nas cheias de longo período de retorno (TR 5, 10, 50, 100 anos) será pouco significativo.
O nível inicial (pré-chuva) considerado no Banhado Grande foi igual ao TR 1 ano;
- **Nível no Rio Guaíba:** o Rio Guaíba possui uma influência direta no escoamento do Baixo Gravataí e consequentemente das suas cheias. Entretanto sua bacia é dezenas de vezes maior do que a bacia do Gravataí, ou seja, correlacionar os eventos de grande pluviosidade do Gravataí diretamente com níveis altos do Rio Guaíba pode levar a considerações exageradas de níveis de cheia.
Os níveis considerados para análise das cheias no Guaíba estão apresentados no Quadro 31.
- **Sistema de bombeamento:** para a modelagem das cheias o sistema de bombeamento de Porto Alegre será considerado sempre em capacidade máxima.
- **Warm-up:** uma das capacidades do modelo HEC-RAS é de definir um período de simulação para estabilização das condições iniciais (período de *warmup*).
Isto permite que um sistema complexo de condições iniciais se torne estável numericamente e reduza o número de erros da simulação. A duração de cada período de *warmup* será apresentada a seguir.

Quadro 31 - Níveis do Guaíba considerados

TR	COTA
1 ano	0,82
5 anos	2,08
10 anos	2,39
25 anos	2,79
50 anos	3,08
100 anos	3,36

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Calibração

A fase de calibração pode ser descrita como uma etapa que procura adequar os parâmetros para que o modelo produza resultados condizentes com a realidade.

Assim é necessário calibrá-lo, ou seja, a partir da definição inicial dos parâmetros, através de uma gama de dados, pode-se testar os modelos utilizando determinados eventos para definir se estes representam adequadamente a realidade. A calibração da relação cota x vazão foi realizada em todos os pontos onde existiam informações suficientes para tal.

Estas incluem estações fluviométricas com medições de “cota x vazão” simultâneas (resumos de descarga no Hidroweb) ou a partir de curvas de “cota x vazão” ajustadas.

Os valores de curvas de “cota x vazão” ajustadas são válidos, mas analisou-se a magnitude da dispersão do ajuste sobre os dados medidos. Se a curva de ajuste não representava bem o funcionamento hidráulico fez-se outro ajuste. A calibração envolve a minimização da diferença entre dados observados e resultados de simulações através do ajuste dos parâmetros implícitos do modelo.

A função objetivo a ser minimizada é a diferença entre as cotas medidas e cotas simuladas para uma mesma vazão:

$$R = \sqrt{\sum \frac{(C_m - C_s)^2}{m}}$$

Onde **C_m** é a cota medida, **C_s** é a cota obtida através da simulação e **m** é o número de dados de entrada para a calibração.

A Figura 23 apresenta os resultados de cota x vazão observados em relação aos valores obtidos no resultado da simulação hidrodinâmica. Os resultados apresentam boa correlação entre os valores de cota vazão ($R^2 = 0,97$).

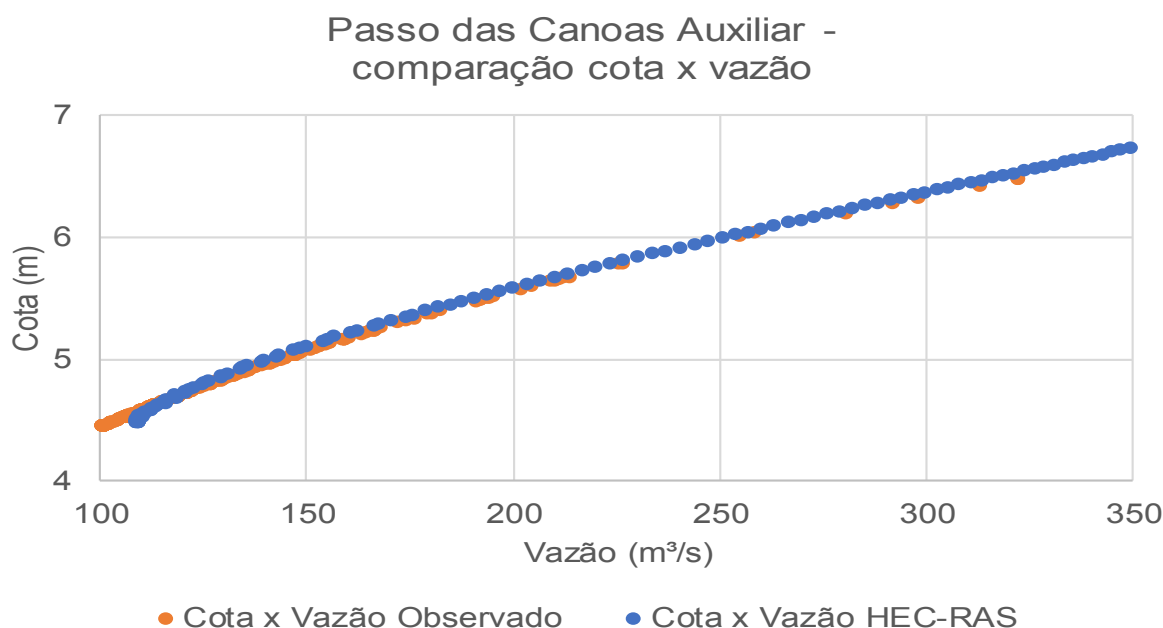


Figura 23 - Curva de Calibração dos Parâmetros Hidráulicos para o Passo das Canoas Auxiliar
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ **Combinação dos Efeitos**

Sabe-se que existe um trecho ao longo do Rio Gravataí no qual a influência do nível do rio Guaíba é significativa sobre as cheias máximas. A correlação estatística entre as cheias do rio Guaíba e períodos de maior vazão do Rio Gravataí é muito baixa, podendo-se considerar tais eventos (cheias Guaíba x Gravataí) como eventos praticamente independentes.

Devido à relativa complexidade hidráulica entre o sistema Guaíba x Gravataí é impossível, “a priori”, se definir qual a situação hidráulica mais crítica para cada tempo de retorno.

Desta forma foi proposta uma análise combinatória dos efeitos de jusantes e vazões de cheias do Rio Gravataí, conforme apresentado no Quadro 32, avaliando duas condições por tempo de retorno.

A mancha de inundação final para cada TR pondera os efeitos de ambas simulações sendo que, para cada área (dentro da resolução espacial adotada), é considerada a maior cota simulada. O mapa final e contorno de inundação é o resultado combinado das análises realizadas.

Quadro 32 - Análise combinatória de efeitos (Gravataí x Guaíba).

Avaliação TR	Condição 1	Condição 2
TR 5 anos	Vazão Rio Gravataí TR 5 anos Nível médio no Rio Guaíba	Vazão média no Rio Gravataí Nível Rio Guaíba TR 5 anos
TR 10 anos	Vazão Rio Gravataí TR 10 anos Nível médio no Rio Guaíba	Vazão média no Rio Gravataí Nível Rio Guaíba TR 10 anos
TR 25 anos	Vazão Rio Gravataí TR 25 anos Nível médio no Rio Guaíba	Vazão média no Rio Gravataí Nível Rio Guaíba TR 25 anos
TR 50 anos	Vazão Rio Gravataí TR 50 anos Nível médio no Rio Guaíba	Vazão média no Rio Gravataí Nível Rio Guaíba TR 50 anos
TR 100 anos	Vazão Rio Gravataí TR 100 anos Nível médio no Rio Guaíba	Vazão média no Rio Gravataí Nível Rio Guaíba TR 100 anos

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ **Secionamento do Modelo**

Devido à grande diferença de escala entre o Rio Gravataí e seus afluentes, tanto os tempos de resposta hidrológica quanto a dimensão dos elementos topográficos são significativamente diferentes entre eles.

Assim tanto o passo de tempo computacional (tempo entre cada instante simulado) quanto o detalhamento da malha computacional (densidade espacial dos pontos avaliados) devem ser apropriados a cada caso.

De modo a se otimizar tanto o custo computacional quanto para se atingir um nível de detalhamento adequado para o trabalho, a modelagem foi seccionada em trechos.

Desta forma o Rio Gravataí e os seus afluentes foram modelados separadamente e seus resultados combinados após, através de software de SIG.

Ao serem combinados os resultados das simulações avaliou-se para cada região (dentro da discretização espacial utilizada) o valor máximo combinado, somando-se os resultados do Rio Gravataí e seus afluentes.

✓ Resumo dos Parâmetros Hidráulicos e Computacionais

O Quadro 33 apresenta um resumo dos parâmetros hidráulicos e computacionais utilizados nas simulações para cada trecho simulado.

Quadro 33 - Parâmetros Hidráulicos e Computacionais

Malha Computacional	Rio Gravataí	Brigadeiro	Demétrio	Passo Grande/ Barnabé/ Barnabezinho
Quantidade de células	628931	95865	66328	35598
Área Média [m²]	223	100	98	433
Área Máxima [m²]	659	275	217	800
Área Mínima [m²]	52	38	30	4
Equivalente Médio Célula Quadrada [m]	14,93	10	9,9	21
Sub malha topográfica [cm]	250	100	100	100
Passo Computacional [segundos]	300	60	30	60
Intervalo de Saída de Resultados [min]	60	60	60	60
Warm up [horas]	96	96	24	12
Parâmetro □	1	1	1	1
Tolerância de Altura da Lâmina d'Água [cm]	6	0,3	0,3	0,3
Modelo Computacional	Difusão 2D	Difusão 2D	Difusão 2D	Difusão 2D

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

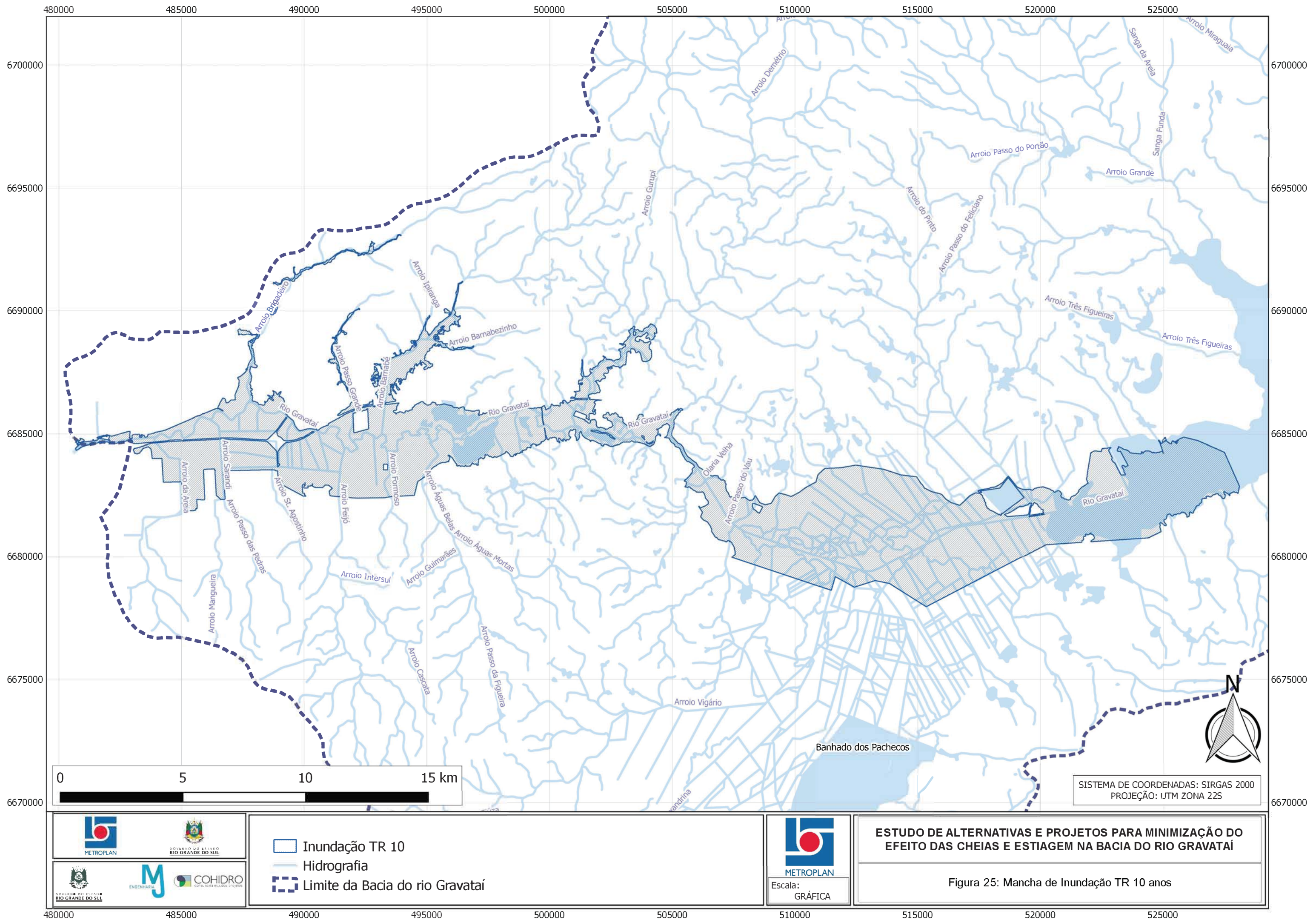
✓ Fluxo de Trabalho

O fluxograma de trabalho para a construção, calibração e obtenção de resultados do modelo hidrodinâmico foi o seguinte:

- Construção do modelo digital do terreno a partir do processamento dos resultados de levantamentos topobatimétricos obtidos e de levantamentos via satélite (SRTM) e de restituição aerofotogramétrica.
- Construção da geometria do modelo com inserção do modelo digital do terreno no HEC-RAS e das estruturas existentes (ex: pontes, bombeamento, áreas de bloqueio, etc.)
- Elaboração do mapa de rugosidades (coeficiente de Manning) a partir do mapa de uso dos solos e imagens de satélite e de levantamento aerofotogramétrico.
- Definição das condições iniciais e de contorno;
- Definição dos hidrogramas de calibração por trecho simulado;
- Calibração dos parâmetros do modelo;
- Definição do hidrogramas de cheias de acordo com os tempos de retorno de projeto;
- Simulação da condição proposta;
- Pós-processamento dos resultados para obtenção de mapas e informações secundárias.

✓ Resultados

Os resultados obtidos das simulações foram os mapas de risco de inundações para cada Tempo de Retorno (5, 10, 25, 50 e 100 anos). Os arquivos em formato (kmz e pdf), bem como os “shapes” foram apresentados em mídia digital como anexos do Produto 11. As Figura 24, Figura 25, Figura 26, Figura 27 e Figura 28 apresentam o mapa geral da área de risco de inundação de TR 5, 10, 25, 50 e 100 anos respectivamente.



3.8 CENÁRIOS DE ALTERNATIVAS

O Produto 12 - Projetos dos Cenários de Intervenção teve por objetivo geral apresentar o estudo de alternativas de controle dos eventos de cheias e de estiagens que contemplam medidas estruturais e não-estruturais no trecho contemplado da Bacia do Rio Gravataí nos cenários atual e futuro.

3.8.1 Objetivos, Premissas e Diretrizes

Os objetivos específicos dos Cenários de Alternativas são:

✓ **Cenário 0:**

- Projetar o cenário futuro tendencial de crescimento urbano considerando a expansão territorial e o aumento das demandas hídricas na bacia.

✓ **Cenários 1 e 2:**

- Desenvolver a concepção das alternativas técnicas de intervenção na Bacia para a mitigação dos efeitos de estiagem e efeitos de cheias do Rio Gravataí.
- Desenvolver a concepção de medidas de recuperação ambiental e controle de erosão do sistema hídrico, com destaque para a lagoa das Anastácias, o Banhado Grande e as obras de canalização particulares e do DNOS.
- Realizar a análise do uso múltiplo das obras planejadas de forma a atender além do controle de inundações outros usos da água pela possível regularização de vazão (estiagem).
- Realizar estudo de regularização das outorgas.
- Estimar os custos de implantação das intervenções propostas para servir de subsídio à análise de viabilidade quando serão comparados os custos aos danos evitados.

Em termos gerais, a comparação entre os dois cenários de alternativas no que se refere ao controle de inundações, se diferencia pela implementação de obras de proteção, mais especificamente diques em terra combinados a sistemas de bombeamento.

No **Cenário 2**, onde se constatou que a proteção realizada pelos diques de proteção geraria externalidades a outras regiões da bacia, foi mantida a opção pelo zoneamento com a desapropriação de populações em risco.

As análises dos cenários preveem a implementação de alternativas estruturais combinadas às não-estruturais, sempre buscando evitar a transferência de impactos para jusante ou montante. Quando proposta a inclusão de medidas estruturais, a mesma é realizada se observando uma visão integrada da bacia hidrográfica.

As soluções para a mitigação dos impactos das estiagens se baseiam principalmente na implementação de uma política de gestão dos recursos na bacia de forma eficiente, com o cumprimento das legislações vigentes, que priorizam o abastecimento público e a dessedentação animal e com a otimização das demandas na bacia de acordo com a disponibilidade espaço-temporal.

Além disso, as medidas não-estruturais de gestão são voltadas também para a recuperação dos sistemas de banhado e controle de erosão do sistema hídrico que compõe o médio Gravataí.

São propostas intervenções estruturais para a recuperação ambiental e controle de erosão do sistema hídrico desde o Passo dos Negros e Lagoa das Anastácias até o Banhado Grande, nos trechos das obras de canalização particulares e do DNOS.

A proposta apresentada compõe tanto o **Cenário 1** quanto o **Cenário 2**, sendo uma alternativa única para a região. Imaginou-se como objetivo direto dessas intervenções nas áreas de banhado, a recuperação das áreas degradadas e por consequência uma possível atenuação dos efeitos de cheia e estiagens a jusante da intervenção.

No entanto, conforme observado, constatou-se que tais obras têm muito pouco efeito de regularização nas épocas de estiagem, assim como na atenuação dos picos das cheias.

Com base nas simulações hidrológicas e hidrodinâmicas foram determinadas, levando em consideração os diferentes tempos de retorno (TR), as áreas com riscos de inundações e problemas com estiagens para a região de interesse do estudo.

Em complementaridade aos produtos 10 e 11, onde são apresentadas as simulações hidrológicas e hidrodinâmicas para o cenário atual, foram realizadas novas simulações com base em projeções de expansão urbana prevista nos Planos Diretores dos municípios e nos censos do IBGE, assim como, projeções de aumento das demandas hídricas nos diversos setores.

Além disso, as simulações hidrodinâmicas foram realizadas avaliando a implantação das alternativas propostas quanto a seus benefícios e externalidades.

Avaliaram-se as consequências das alternativas e, a partir de uma avaliação criteriosa, limitou-se a utilização das soluções onde fosse necessário.

Quanto às estiagens, a partir das simulações hidrológicas foi avaliado impacto da implantação de minibarramentos nos trechos das obras de canalização do DNOS no aumento da regularização e consequente disponibilidade hídrica aos municípios a jusante.

As alternativas de projetos compõem cenários num horizonte de planejamento de 30 anos. Nos **Cenário 0**, 1 e 2 foi projetado o cenário futuro tendencial de crescimento urbano considerando a expansão territorial e o aumento das demandas hídricas na bacia dentro desse horizonte e implementadas as intervenções para a análise dos benefícios e posterior análise de viabilidade.

A expansão territorial, além de alterar o comportamento hidrológico da bacia, aumentando a magnitude dos eventos de cheia, também implica em um aumento da população exposta às cheias caso não se tome nenhuma providência para a mitigação dos impactos.

✓ **Premissas e Diretrizes**

A gestão da inundação é obtida por uma combinação de medidas estruturais e não-estruturais que permita à população ribeirinha minimizar suas perdas e manter uma convivência harmônica com o rio.

As ações incluem medidas de engenharia e de cunho social, econômico e administrativo.

A pesquisa para a combinação ótima dessas ações constitui o planejamento da proteção contra a inundação e seus efeitos (Tucci, 2007).

Conforme descrito no Relatório Técnico referente ao Produto 10 - Estudos Hidrológicos, além dos fatores naturais e das estruturais que alteram o escoamento do Rio Gravataí outro fator de grande importância são as retiradas de água, tanto para irrigação quanto para abastecimento urbano que, juntamente com os lançamentos de efluentes, são potencializadores dos problemas durante as estiagens, causando desabastecimento e deterioração da qualidade d'água.

No presente relatório propõe-se três cenários com diferentes combinações entre medidas estruturais e não-estruturais, quais sejam:

✓ **Cenário 0 - Convívio com as cheias na bacia**

- Não está previsto nenhum tipo de medida, tanto estruturais como não estruturais.

✓ **Cenário 1 - Implementação de alternativas não-estruturais**

- Prevê a desapropriação de populações em risco através do zoneamento das áreas inundáveis.
- Prevê a utilização de medidas estruturais, na região composta pelo Banhado Grande e pelas obras de canalização do DNOS, buscando recuperação de funções ambientais do sistema hídrico e controle de erosão;
- Prevê para a minimização dos efeitos de estiagens na Bacia do Rio Gravataí, visando aumento da disponibilidade hídrica para abastecimento humano, propostas de gestão, visando garantir o limite de outorga, sendo realizada análise de sensibilidade da variação da vazão máxima outorgável entre 40 e 70% e da vazão de referência $Q_{90\%}$ e $Q_{85\%}$ para cada trecho.
- Prevê o monitoramento, previsão e alerta de desastres naturais para a minimização dos impactos sociais causados pelas cheias.
- Prevê a implementação de sistemas de seguro de cobertura de inundações.

✓ **Cenário 2 - Implementação de alternativas estruturais e não-estruturais**

- Prevê a implementação de diques de proteção contra cheias nas regiões mais expostas ao risco, e onde constatada a viabilidade técnica.
- Prevê a desapropriação de populações em risco através do zoneamento das áreas inundáveis.
- Prevê a utilização de medidas estruturais, na região composta pelo Banhado Grande e pelas obras de canalização do DNOS, buscando recuperação de funções ambientais do sistema hídrico e controle de erosão;
- Prevê para a minimização dos efeitos de estiagens na Bacia do Rio Gravataí, visando aumento da disponibilidade hídrica para abastecimento humano, propostas de gestão, visando garantir o limite de outorga, sendo realizada análise de sensibilidade da variação da vazão máxima outorgável entre 40 e 70% e da vazão de referência $Q_{90\%}$ e $Q_{85\%}$ para cada trecho.
- Prevê o monitoramento, previsão e alerta de desastres naturais para a minimização dos impactos sociais causados pelas cheias.
- Prevê a implementação de sistemas de seguro de cobertura de inundações.

No caso do **Cenário 1**, a opção por privilegiar a escolha de medidas não-estruturais decorre de certas vantagens, em comparação com as medidas estruturais, destacando-se seu menor custo econômico de operação, associado a maiores níveis de garantia.

Desta forma, as medidas não-estruturais podem garantir proteção mais ampla que medidas estruturais.

Há, porém, limitações na aplicação das medidas não-estruturais, principalmente quando elas envolvem transferência, remoção, desapropriação, relocação ou reassentamento de ocupações irregulares, ou mesmo de áreas com ocupação regularizada, já consolidada.

Nestes casos, além dos custos econômicos para efetuar as ações de desapropriação, relocação ou reassentamento, há, ainda necessidade de dar novo uso às terras para evitar reocupação.

A ação apropriada é transformar estas áreas em áreas públicas tais como parques, atividades de lazer, entre outras.

O custo, nestes casos, inclui a demolição das construções e o investimento em áreas públicas. Considerando estas características, no **Cenário 2** tentou-se diminuir o número de edificações desapropriadas. Há, também, impactos sociais e políticos decorrentes deste tipo de ação, que devem ser propriamente analisados.

Já no **Cenário 2**, a diminuição de áreas de risco, reduzindo a necessidade de desapropriação através de sistemas de proteção, constituiu uma solução alternativa de menor impacto social e com impactos mais localizados (no caso das obras em que se constatou que não causariam externalidades às regiões vizinhas).

As alternativas estruturais, não necessariamente, implicam em maiores custos totais considerando a implantação e a operação ao longo do horizonte de projeto.

As soluções não-estruturais implicam na reocupação das áreas desapropriadas pelo poder público através de parques para que não haja novas ocupações irregulares no local, o que reestabeleceria o problema original.

Dar novo uso às áreas desapropriadas também agrega custo aos já elevados custos de desapropriação. Ainda assim, as alternativas estruturais têm efetividade menos ampla, pois garantem a proteção somente até o Tempo de Retorno de projeto e no caso de eventos mais extremos, o dano causado pode ser ainda maior.

Além disso, soluções de engenharia apresentam o risco de falha, mesmo para a proteção planejada e isso deve ser levado em consideração na avaliação e escolha.

Observa-se que **o presente trabalho busca controle de inundações e que o controle de alagamentos não compõe o escopo do estudo.**

Conforme Ministério das Cidades/IPT (2007), as inundações se referem ao transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea, enquanto que os alagamentos correspondem ao acúmulo momentâneo de águas em determinados locais, por deficiência do sistema de drenagem.

Estas definições estão em consonância com o COBRADE (Ministério da Integração Nacional, 2012), onde as inundações e alagamentos são caracterizadas por:

***“Inundações:** submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície”*

***“Alagamentos:** extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações extremas.*

É importante ressaltar que as alternativas estudadas contemplam o Rio Gravataí, bem como os tributários que passem por áreas urbanizadas. Destaca-se que:

- as medidas propostas para controle de inundações do rio Principal (Gravataí) ou que são necessárias devido ao remanso do rio Principal são **detalhadas por comporem o escopo do trabalho em desenvolvimento;**
- as medidas para controle de alagamentos causados por falta de capacidade dos tributários para escoar suas cheias são propostas como diretrizes para os Planos de Drenagem Municipais, incluindo: limpeza/dragagem de canal, melhoria de travessias (pontes, pontilhões), reservatórios de detenção, zoneamento de áreas inundáveis.

3.8.2 Diagnóstico Baixo e Médio Gravataí

✓ Cheias

Para efeito de caracterização hidrológica e hidráulica (sistema de drenagem da bacia), o Rio Gravataí foi dividido em quatro unidades de análise espacial distintas:

- **macro unidade do Alto Gravataí - Formadores:** possui uma área correspondente a 13% da bacia do Gravataí e consiste de uma região bastante antropizada pelas lavouras de arroz. A urbanização nesta região consiste da área urbana de Santo Antônio da Patrulha, com pequeno impacto na escala global dos processos hidrológicos da bacia;
- **macro unidade do Alto Gravataí - Banhado Grande:** possui uma área correspondente a 26% da bacia do Gravataí e consiste, além do Banhado Grande em si, das sub-bacias dos arroios Grande e Miraguaia e sangas da Rapadura e do Freitas. A área de banhados, originalmente de 450 km², hoje se encontra reduzida a cerca de 60 km², devido principalmente às drenagens artificiais promovidas, pelos arrozeiros;
- **macro unidade do Médio Gravataí:** consiste de 43% da bacia do Rio Gravataí e abrange o exutório do Banhado Grande até à junção do Arroio Demétrio ao Rio Gravataí, compondo uma área de transição entre os ambientes rural e urbano. Praticamente todo curso d'água do rio principal é cercado por atividades agrícolas. O curso d'água é bastante alterado pelas obras do DNOS, realizadas nos anos 70, que retificaram o rio e efetivamente drenaram os banhados/terras úmidas do Banhado Grande até a Lagoa da Anastácia. A região ainda engloba o início da urbanização pertencente ao município de Gravataí;

- **macro unidade do Baixo Gravataí:** consiste de 18% da bacia do Rio Gravataí e abrange as regiões mais urbanizadas dos municípios de Gravataí, Cachoeirinha, Canoas, Alvorada e Porto Alegre, consistindo de área parcialmente ou totalmente impermeabilizada. Este fato, aliado à ocupação de áreas indevidas, expõe uma parcela maior da população da bacia aos efeitos das cheias.

Na macro unidade do Baixo Gravataí, por abranger as regiões mais urbanizadas dos municípios de Gravataí, Cachoeirinha, Canoas, Alvorada e Porto Alegre, consistindo de área parcialmente ou totalmente impermeabilizada foram utilizados os critérios de Zoneamento de Áreas Inundáveis.

Nas demais macrounidades, não foram realizadas propostas de zoneamento por não haver áreas urbanas de maior porte.

Como se pode observar nas Figura 29, Figura 30, Figura 31 e Figura 32 adiante, não há grande ocupação na Zona de Passagem de Cheia do Rio Gravataí.

No entanto, há áreas com urbanização consolidada em Zona de Inundação com TR = 100 anos principalmente nos afluentes, em destaque o arroio Demétrio.

Nos afluentes do Gravataí, que passam pelas áreas urbanas e que compõe a rede de macrodrenagem dessas áreas, é feita a **recomendação para limpeza e/ou dragagem de canal (visando melhorar as condições de escoamento nos cursos d'água) e melhoria de travessias, tais como pontes e pontilhões (buscando reduzir as possibilidades de restrições localizadas ao escoamento)**.

Onde possível, os estudos dos Planos Municipais de Drenagem Urbana deverão avaliar a possibilidade de utilizar **reservatórios de retenção (on-line ou off-line)**.

✓ **Estiagens**

No caso da Bacia do Gravataí, na situação atual observa-se forte impacto das atividades agrícolas sobre a disponibilidade hídrica, com frequente escassez de recursos para abastecimento público.

Tais impactos são causados pela má gestão do recurso na bacia, que apresenta deficiências na fiscalização das captações e no cadastro de outorgas para irrigação de áreas agrícolas.

As regiões urbanizadas do Baixo e Médio Gravataí, principalmente nos municípios de Gravataí, Cachoeirinha, Alvorada e Viamão, são os mais afetados pela escassez de água, devido a conflitos de uso da água existentes na bacia, com captação indiscriminada de água para a irrigação de áreas de arroz a montante.

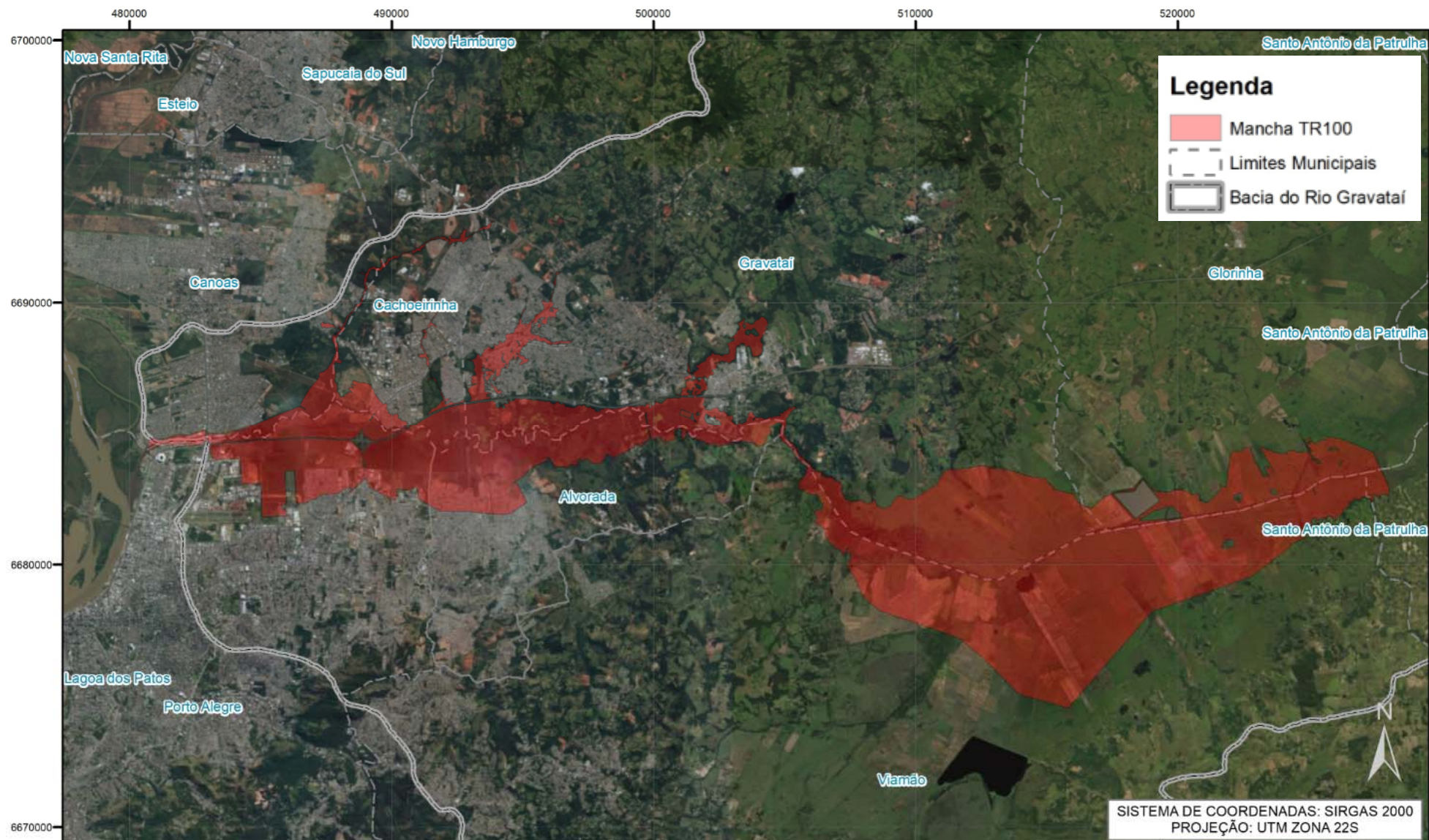
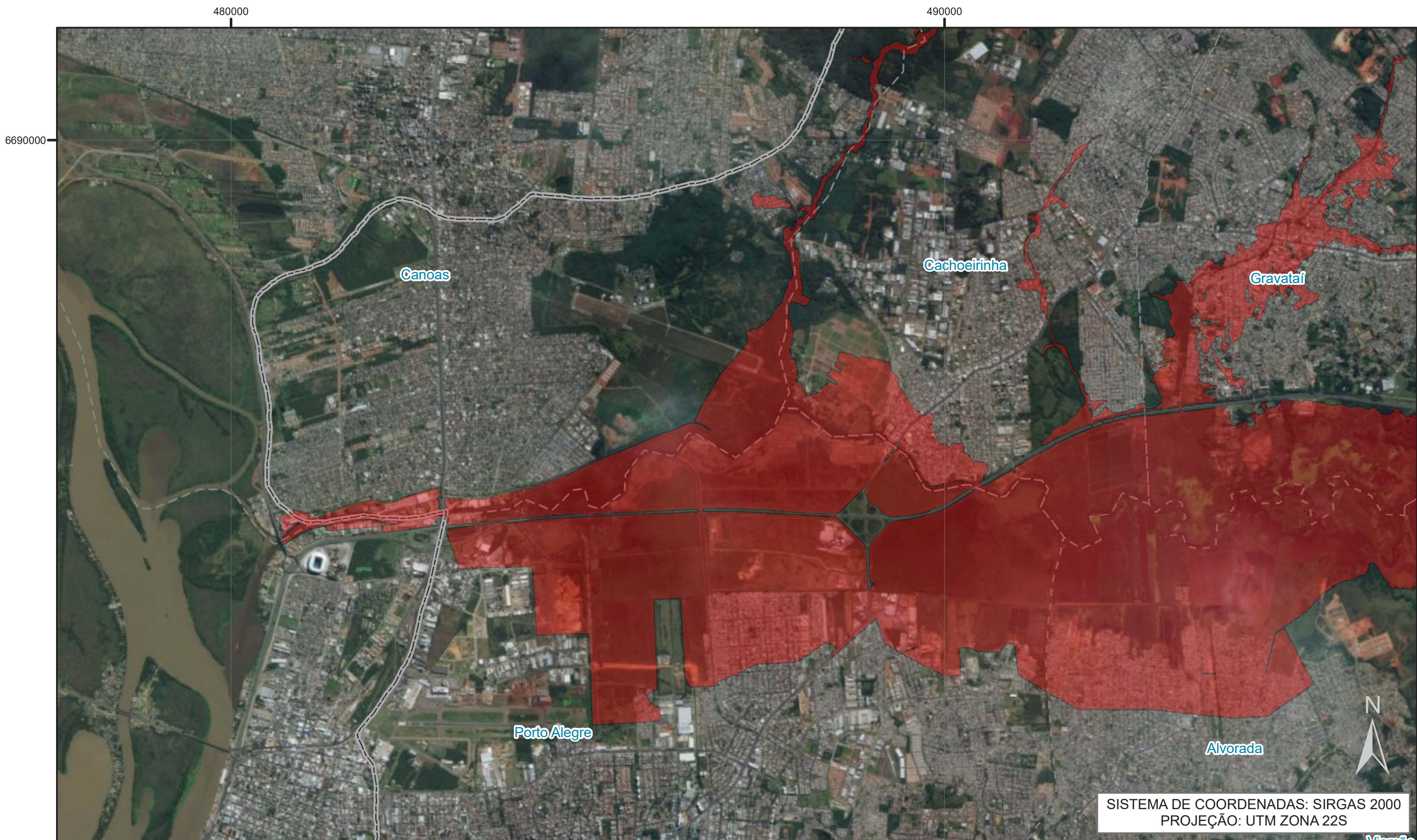


Figura 29 - Baixo Gravataí - área inundada para TR 100 anos
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí



SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S





Legenda

-  Mancha TR100
-  Limites Municipais
-  Bacia do Rio Gravataí

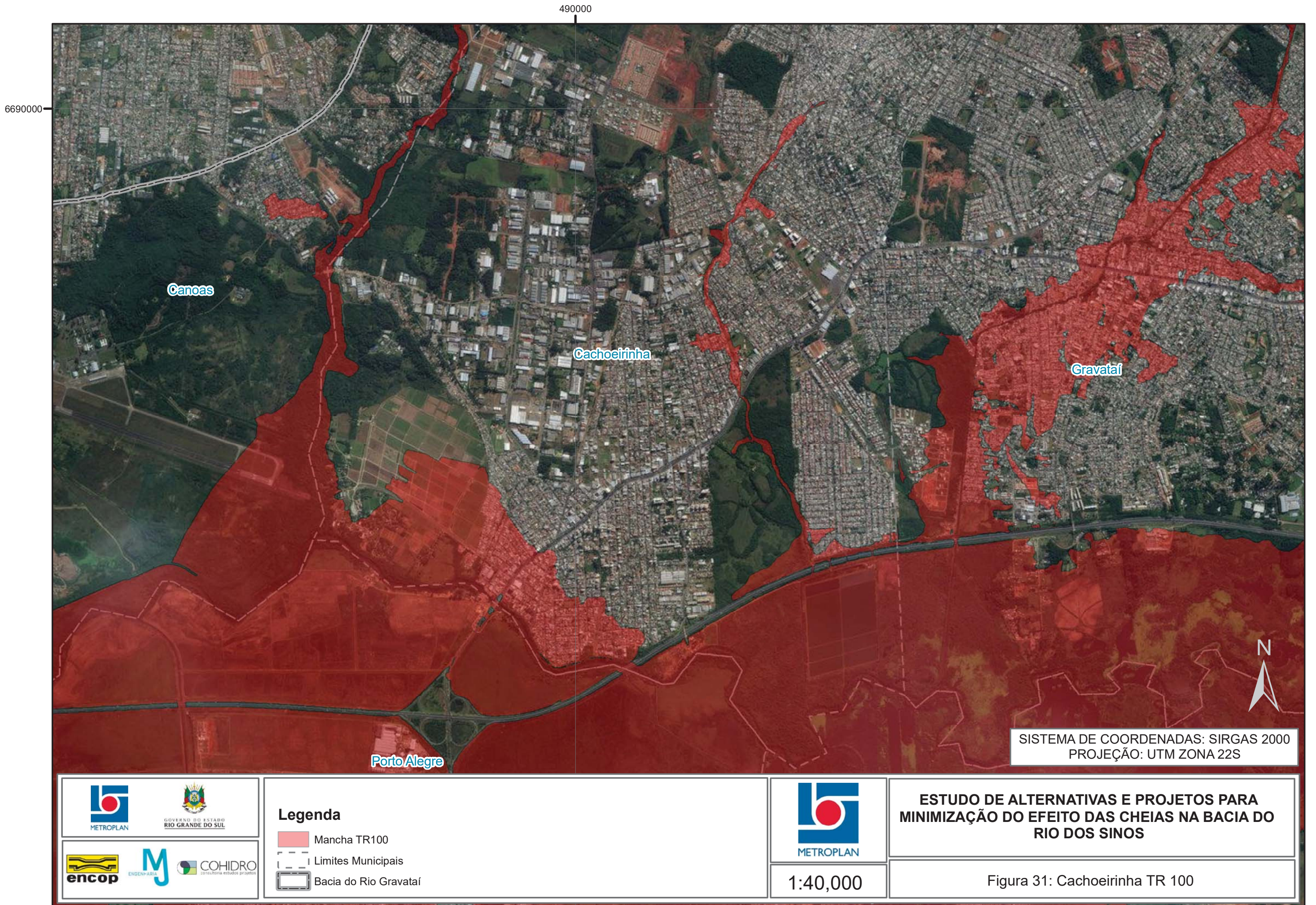


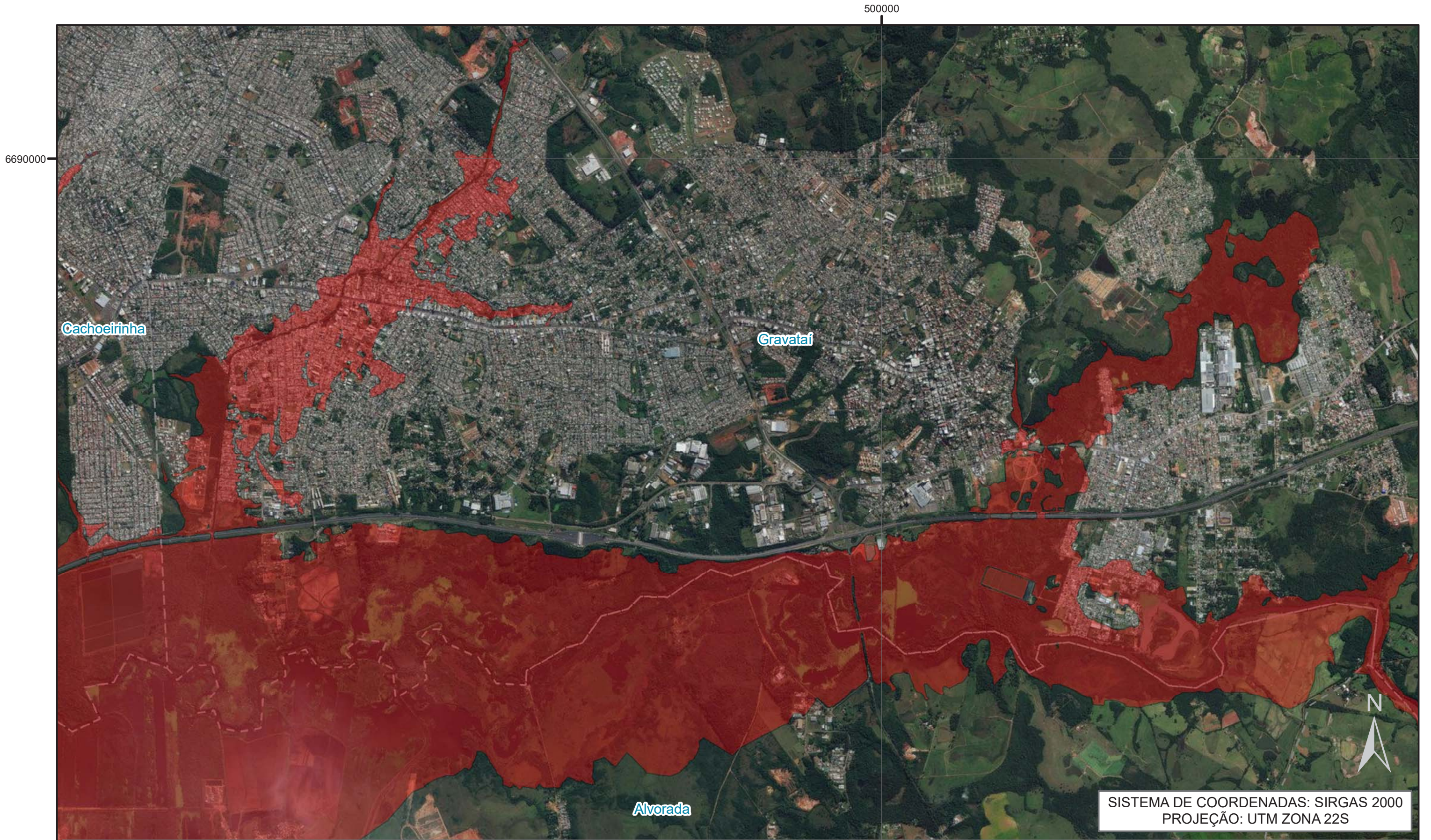
METROPLAN

1:70,000

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA
MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO
RIO DOS SINOS**

Figura 30: Porto Alegre TR 100









Legenda

 Mancha TR100

 Limites Municipais

 Bacia do Rio Gravataí



METROPLAN

1:50,000

ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS

Figura 32: Gravataí TR 100

3.8.3 Diagnóstico Médio Gravataí - Banhado Grande

✓ Cheias

Na macro unidade do Médio Gravataí, a exemplo do Baixo Gravataí, também foram utilizados os critérios de Zoneamento de Áreas Inundáveis por abranger ainda algumas regiões urbanizadas do município de Gravataí.

✓ Estiagens

Também algumas regiões urbanizadas do Médio Gravataí, são mais afetadas pela escassez de água, devido a conflitos de uso da água existentes na bacia, com captação indiscriminada de água para a irrigação de áreas de arroz a montante.

✓ Recuperação de Áreas Degradadas

As áreas que abrangem desde o Passo dos Negros, passando pela lagoa das Anastácias até o Banhado Grande sofrem com a degradação ambiental que vem ocorrendo desde a década de 60 e 70 devido às drenagens promovidas pelos arrozeiros e implantação do canal do DNOS.

A degradação vem se expandindo, já que além da diminuição das áreas de banhado devido à drenagem, ocorrem processos erosivos regressivos na região do exutório do Banhado Grande.

Devido ao aumento do gradiente hidráulico e consequente aumento das velocidades do fluxo, passa a ocorrer o *piping* no solo, que já não apresenta grande coesão, o desagregando através dos processos erosivos, criando ravinas e voçorocas.

3.8.4 Diagnóstico Alto Gravataí - Formadores

No Alto Gravataí - Formadores não foram constatados problemas referentes a cheias e estiagens. Dessa forma, não foram propostas medidas para a região.

3.8.5 Composição dos Cenários

As diferentes soluções que compõe os cenários são introduzidas e brevemente descritas abaixo:

✓ Obras de proteção

No **Cenário 2** são propostas obras de proteção essencialmente com a mesma conceituação em todos os locais de intervenção.

Nas áreas com cotas mais baixas, em que se constatou o risco de inundações através dos estudos hidrodinâmicos das ondas de cheia, propôs-se a criação de polderes que são estruturas hidráulicas artificiais de proteção.

Estes sistemas são compostos por diques de terra ou muros de concreto, dependendo da disponibilidade de área para a implantação da obra, por reservatórios de acumulação de água e por casas de bombas.

Os sistemas funcionam da seguinte maneira: quando os eventos críticos ocorrem nas áreas ribeirinhas, elevando os níveis d'água na planície de inundação, os diques realizam o isolamento da área protegida, evitando que a água adentre o sistema.

Enquanto isso, o volume escoado dentro dos polderes, captado e conduzido pela macrodrenagem local, é armazenado nos reservatórios e então lançado através das bombas de volta ao rio após o período de pico da vazão do rio principal.

Os sistemas devem ter aptidão para funcionar por gravidade durante o restante do tempo, sem que seja acionado o sistema de bombas.

✓ **Zoneamento**

A solução composta pelas diferentes intervenções propostas nos Cenários prevê o ordenamento do uso do solo, através da proposta de Zoneamento de Áreas Inundáveis onde são definidas duas formas de uso:

- Áreas com possível ocupação - correspondendo à Zona com Restrições de Ocupação, onde serão estabelecidas condições para o uso destas áreas, conforme proposta de Zoneamento de Áreas Inundáveis;
- Áreas com uso compatível com inundações - correspondendo à Zona de Passagem de Cheia, com função de amortecer inundações causadas pela ocupação das áreas urbanizáveis.

✓ **Sistema de Monitoramento Previsão e Alerta**

Já se encontra em atividade no Estado a Sala de Situação do Departamento de Recursos Hídricos da SEMA.

A Sala de Situação é resultado de um Acordo de Cooperação Técnica, firmado entre a Agência Nacional de Águas (ANA) e a SEMA, no dia 18 de janeiro de 2013.

O objetivo da Sala de Situação é monitorar os eventos hidrológicos extremos, principalmente as inundações, enxurradas e as estiagens, contribuindo, assim, para a gestão de riscos de desastres, por meio de alertas.

No momento, a Sala de Situação é operada pela empresa SOMAR Meteorologia, no esquema 7 dias por semana, 24 h por dia. Os alertas da Sala de Situação são enviados para a Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil (CEPDEC), ligada à Casa Militar e órgão central do Sistema Estadual de Proteção e Defesa Civil - SIEPDEC (Decreto nº 51.547, DE 3 de junho de 2014).

A CEPDEC por sua vez integra o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), conforme o Decreto nº 7.257, de 04/08/2010, e atua nas fases de prevenção, mitigação, preparação, resposta e reconstrução de cenários, nos desastres naturais ou provocados pelo homem. Em conjunto com a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, a CEPDEC é responsável por coordenar as ações realizadas pela Defesa Civil dos municípios.

Esse centro de monitoramento é alimentado por uma rede de monitoramento fluviométrico e pluviométrico, a nível horário, além da previsão meteorológica obtida a partir do modelo WRF (*Weather Research and Forecasting*). No entanto, apesar de já monitorada, nota-se a concentração de postos nas regiões mais densamente urbanizadas a jusante e carência a montante. Portanto, propõe-se instalar/aprimorar estações pluviométricas e fluviométricas na bacia.

✓ **Seguros de Cobertura de Inundações**

No presente estudo são apresentadas informações que tratam dos seguros de cobertura de inundações em diferentes países, abordando suas peculiaridades e diferentes formatações. Levando em consideração as características locais, é sugerido o formato de seguros de cobertura de inundações que mais se encaixa no contexto geopolítico e econômico da Bacia do Rio Gravataí.

Foram abordados os seguintes aspectos a serem levados em consideração na formatação do arranjo institucional para implementação dos seguros:

- Público/Privado.
- Voluntário/Obrigatório.
- Agrupado/Individual.
- Subsidiado/Baseado em Risco.
- Incentivos Econômicos.
- Assistência Federal a Desastres.

✓ **Minimização dos efeitos de estiagens**

As regiões urbanizadas do Baixo e Médio Gravataí, principalmente nos municípios de Gravataí, Cachoeirinha, Alvorada e Viamão, são os mais afetados pela escassez de água, devido, principalmente, a conflitos de uso da água existentes na bacia, com captação indiscriminada de água para a irrigação de áreas de arroz a montante, resultante de gestão inadequada do recurso.

Para minimização dos efeitos de estiagens nestas áreas, visando aumento da disponibilidade hídrica para abastecimento humano, os Cenários 1 e 2 propõe a alternativa não-estrutural de **implementação de uma Política de Gestão dos Recursos Hídricos** da bacia visando garantir o limite de outorga para cada sub-bacia estudada.

✓ **Resumo**

O Quadro 34 apresenta a composição de cada cenário, com as soluções propostas e sua descrição.

Quadro 34 - Alternativas estrutural e não-estrutural para os cenários

SOLUÇÃO	DESCRIÇÃO	C0	C1	C2
Mitigação dos efeitos das cheias (soluções estruturais e não estruturais)				
Diques de proteção com sistemas de bombeamento	Implantação de diques de proteção combinados a sistemas de bombeamento em diversas regiões da bacia para a diminuição da vulnerabilidade das populações expostas ao risco de cheias.			X
Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta	Manutenção do sistema existente e melhorias da rede de monitoramento		X	X
Zoneamento de Áreas Inundáveis	Zona de Passagem de Cheias - Usos compatíveis com inundação (parques, esportes, estacionamento). - Se necessário e quando possível: relocação/reassentamento de ocupações irregulares		X	X
	Zona de Uso Restrito - Se necessário e quando possível: Relocação ou adaptação de prédios públicos		X	X
	Zona de Baixo Risco - Podem ser dispensadas medidas individuais de proteção para as habitações		X	X
Seguros de Cobertura de Inundações	Sugestões do modelo de seguros de cobertura de enchentes de acordo com o contexto geopolítico da região.		X	X
Mitigação dos efeitos das estiagens (soluções não estruturais)				
Proposta de regularização das outorgas	Ferramenta de gestão, realizando a análise de sensibilidade do percentual outorgável da vazão de referência para cada trecho.		X	X
Recuperação de áreas degradadas (soluções estruturais)				
Implantação de minibarramentos	Minibarramentos de gabião na calha do canal do DNOS com o objetivo de elevar os níveis d'água no canal e consequentemente do freático nas regiões de planície adjacentes ao canal. Diminuindo as velocidades do fluxo, visa-se a diminuição dos processos erosivos por <i>piping</i> .		X	X

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.8.6 Identificação de Projetos de Intervenções Existentes na Bacia

Foram identificados e analisados e/ou incorporados ao estudo os seguintes estudos/projetos:

- Identificação das Alternativas Possíveis e Prováveis para Regularização das Vazões (IPH/CPRM, 2002).
- Estudos para Mitigação dos Efeitos de Cheia em Alvorada (Metroplan, 2016)
- Implantação da APA do Banhado Grande (SEMA/DRH, 2018).

Tais estudos serviram de subsídio para a tomada de decisão do presente trabalho a partir da análise das informações disponíveis. Quando cabível, foram também incorporados ao presente estudo como é o caso das obras propostas para a mitigação dos efeitos de cheia em Alvorada. Tais estudos são melhor detalhados no Produto 12.

3.8.7 Conceitos e Diretrizes do Zoneamento de Áreas Inundáveis

O **Zoneamento de Áreas Inundáveis** é a definição de um conjunto de regras para a ocupação de áreas de risco de inundação, visando à minimização de perdas materiais e humanas decorrentes de inundações e fornecendo condições para o desenvolvimento racional das áreas ribeirinhas. O objetivo do zoneamento é o de disciplinar a ocupação do solo visando minimizar o impacto devido às inundações.

A metodologia consiste em definir faixas onde são estabelecidas condicionantes desta ocupação. Os critérios de ocupação são introduzidos no Plano Diretor urbano da cidade, sendo que o zoneamento deve ser complementado por um sistema de alerta.

O Zoneamento deve ser baseado em uma avaliação objetiva da adequação do uso do solo, risco de cheias, aspectos ambientais, sociais, econômicas e administrativas. Para tanto, são definidos os seguintes elementos:

- **Planície de Inundação**, que compõe a área onde serão estabelecidas regras para ocupação;
- **Zona de Passagem de Cheias**, que deve ser mantida desobstruída;
- **Zona com Restrições de Ocupação**, onde é permitida ocupação regulamentada para conviver com inundações de pequenas profundidades e baixas velocidades;
- **Zona de Baixo Risco**, com pequena probabilidade de inundações, restrita a eventos excepcionais de grandes cheias².

✓ Delimitação da Planície de Inundação:

A determinação da *planície de inundação para efeitos de zoneamento* é efetuada em função do risco de ocorrência de inundações. Tradicionalmente, a planície de inundação, à qual serão estabelecidas as regras de ocupação referentes ao zoneamento, é associada à área delimitada pela cota de inundação da cheia com TR = 100 anos. Embora seja possível utilizar níveis de risco maiores (por exemplo, TR = 500 anos), estas condições só devem ser adotadas onde possa ser claramente demonstrado que a situação é excepcional (FEMA, 1992; FEMA, 2004; DIPNR, 2005).

O Zoneamento de Inundações contempla a elaboração do mapeamento de inundações, efetuados a partir da delimitação da **Planície de Inundação** (estabelecida, para efeito de zoneamento, como sendo a área delimitada pela cota de inundação da cheia com TR = 100 anos), geralmente com a definição de três zonas de risco:

- **Zona de Passagem de Cheias, que deve ser mantida desobstruída:** corresponde ao canal do rio e às áreas adjacentes que devem permanecer livres de obstrução para que a inundação de TR = 100 anos possa ser transportada para jusante (DNR, 2014). Esta faixa funciona hidraulicamente permitindo o escoamento da cheia de TR = 100 anos, de forma que não crie novos problemas, nem a montante nem a jusante. Esta faixa deve ficar desobstruída para evitar danos de monta e represamentos;

² Com a implantação de diques, zonas que antes eram de passagem de cheias ou com restrição de ocupação passam a ser de baixo risco.

- **Zona com Restrições de Ocupação, onde é permitida ocupação regulamentada para conviver com inundações de pequenas profundidades e baixas velocidades:** A Zona com Restrições de Ocupação corresponde à porção da planície de inundação que não faz parte da Zona de Passagem de Cheias.
Esta zona fica inundada, mas, devido às pequenas profundidades e baixas velocidades, não contribui muito para a drenagem da enchente. A ocupação desta área é permitida, mas deve ocorrer com restrições para garantir danos mínimos, e um plano de contingência deve ser elaborado para atender às áreas já consolidadas;
- **Zona de Baixo Risco, com pequena probabilidade de inundações, restrita a eventos excepcionais de grandes cheias:** A Zona de Baixo Risco corresponde às áreas urbanas externas à da planície de inundação associada à cheia com TR = 100 anos. Nesta área, delimitada por cheias de baixa frequência, podem ser dispensadas medidas individuais de proteção para as habitações.
Destaca-se, porém, que é necessário orientar a população para a eventual possibilidade de inundações e dos meios para proteger-se das perdas decorrentes, recomendando o uso de instalações com pelo menos dois pisos, onde os andares mais elevados podem ser utilizados em períodos críticos. Outras medidas podem ser incluídas em um plano de contingência.

✓ **Possíveis Usos e Formas de Ocupação:**

- **Zona de Passagem de Cheia**

Esta faixa permite o escoamento da cheia de TR = 100 anos, estando sujeita a escoamentos com alta energia, a partir de combinações de velocidades e profundidades capazes de causar danos a propriedades, perigo a pessoas, danos estruturais e erosão, conforme ilustrado na Figura 33.

Em consequência, esta faixa deve ficar desobstruída para evitar danos de monta e represamentos. A área pode ser utilizada desde que não obstrua o escoamento e que, ao inundar, não sofra prejuízos humanos e materiais significativos.

Não deve ser permitida nenhuma nova construção e o Poder Público poderá, paulatinamente, relocar as habitações existentes.

Na construção de obras como rodovias e pontes, deve ser verificado se as mesmas produzem obstruções ao escoamento. Naquelas já existentes, deve-se calcular o efeito da obstrução e verificar medidas para correção, quando for o caso.

Usos potenciais: agrícola, parques, estacionamentos, banhados e áreas ambientais, serviços.

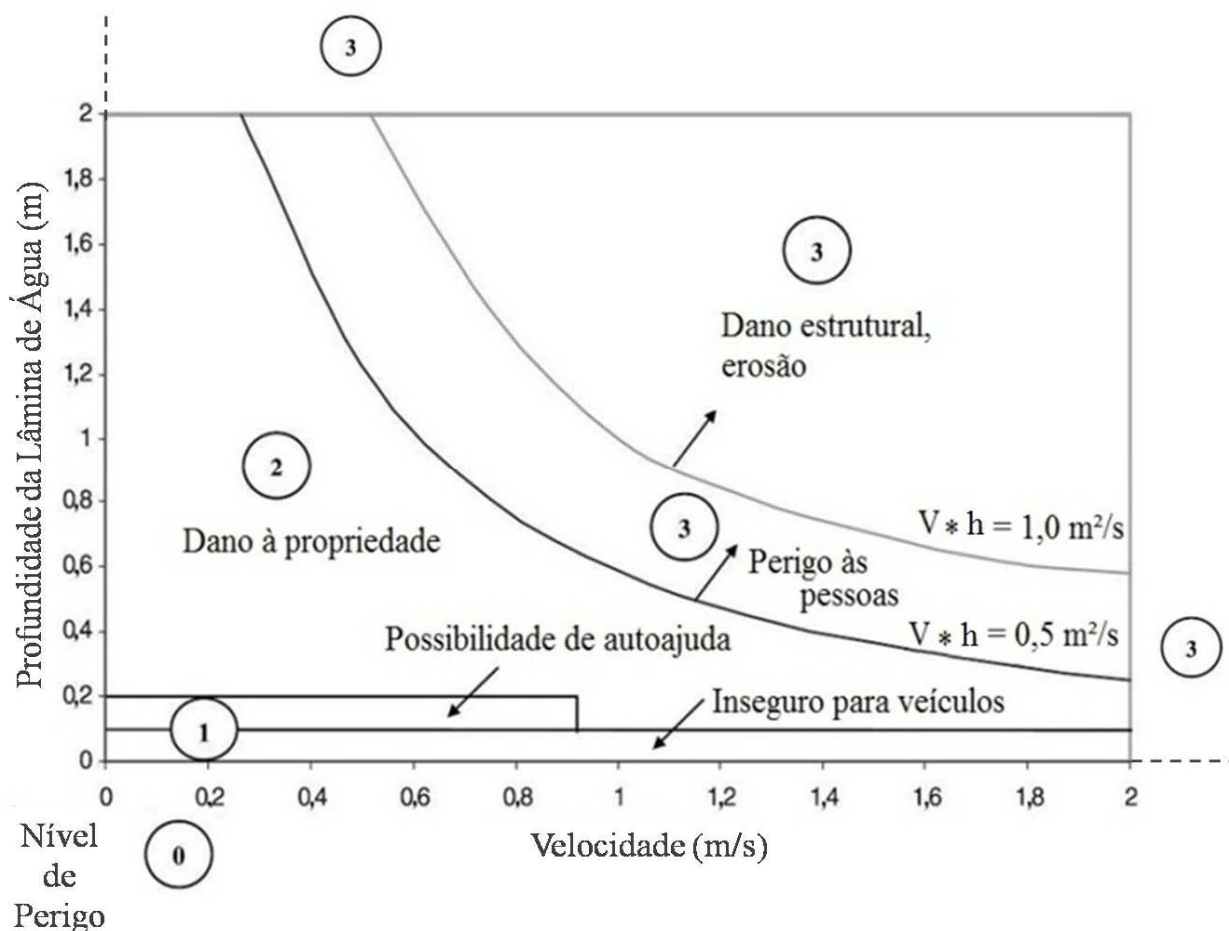


Figura 33 - Diagrama do perigo de inundação
Fonte: Adaptado e modificado de Stephenson 2002

• Zona com Restrições de Ocupação

A Zona com Restrições de Ocupação é a parcela remanescente da planície de inundação (DNR, 2014). Ou seja, corresponde à porção da planície de inundação que não faz parte da Zona de Passagem de Cheias. Esta zona fica inundada, mas, devido às pequenas profundidades e baixas velocidades, não contribui muito para a drenagem da enchente.

A ocupação desta área é permitida, mas deve ocorrer com restrições para garantir danos mínimos, e um plano de contingência deve ser elaborado para atender às áreas já consolidadas.

Esta zona pode ser dividida em subáreas, sendo que os usos preferenciais podem ser:

- o parques e atividades recreativas ou esportivas cuja manutenção, após cada cheia, seja simples e de baixo custo;
- o uso agrícola;
- o habitações com mais de um piso, estruturalmente protegidas contra cheias, sendo que o piso superior ficará situado acima do nível limite da cheia;
- o industrial/comercial, com áreas de carregamento, estacionamento e armazenamento de equipamentos ou maquinaria facilmente removíveis ou não sujeitos a danos de cheias;
- o serviços básicos, tais como linhas de transmissão, estradas e pontes, desde que corretamente projetados.

As permissões quanto ao tipo de ocupação nas zonas com restrição têm o objetivo de minimizar os prejuízos às edificações que já estão consolidadas ou que venham a ser construídas. Portanto o viés das recomendações de ocupação nessas áreas é voltado para o aumento da resiliência dessas ocupações às inundações.

Ainda devem ser observadas as demais regulamentações dos próprios municípios, assim como, as legislações que regulamentam Áreas de Preservação Permanente (APP's), Áreas de Proteção Ambiental (APA's), entre outras.

Na avaliação das áreas de expansão urbana previstas pelos municípios que se encontram nas zonas com Restrições de Ocupação, além de quantificar o impacto às regiões vizinhas quanto ao aumento da lâmina d'água, também foi avaliada a cota de segurança para se ocupar tais áreas.

As cotas de segurança das áreas de expansão que se encontram dentro das zonas com restrições de ocupação são apresentadas nos mapas de zoneamento do Cenário 1, nos anexos do Produto 12.

Essas cotas de segurança servem como orientação às novas ocupações, para que se protejam abaixo de tal limiar. As soluções podem ser as mais diversas, conforme citado anteriormente, desde aterros, diques de proteção, casas sobre pilotis, edificações com garagens nos primeiros pisos, entre outros.

- **Zona de Baixo Risco**

A Zona de Baixo Risco corresponde às áreas urbanas associadas a cheias superiores ao TR = 100 anos.

Consequentemente, é formada pelas áreas externas à da planície de inundação associada à cheia com TR = 100 anos. Sendo adicionadas no **Cenário 2**, as áreas protegidas pelos diques.

Nesta área, delimitada por cheias de baixa frequência, podem ser dispensadas medidas individuais de proteção para as habitações.

Destaca-se, porém, que é necessário orientar a população para a eventual possibilidade de inundações e dos meios para proteger-se das perdas decorrentes, recomendando o uso de instalações com pelo menos dois pisos, onde os andares mais elevados podem ser utilizados em períodos críticos.

Outras medidas podem ser incluídas em um plano de contingência.

- **Ocupações existentes nas áreas de inundação em Zona de Ocupação Restrita**

Quanto às construções já existentes na Zona com Restrição de Ocupação, deverá ser realizado um **cadastramento completo das mesmas e estabelecido um plano para reduzir as perdas no local**, bem como àquelas provocadas pelo remanso, resultante da obstrução do escoamento.

Já as construções existentes na Zona de Passagem de Cheias, conforme mencionado anteriormente, devem ser paulatinamente desapropriadas e relocadas.

No caso de obras públicas como escolas, hospitais, e prédios administrativos deve-se verificar a viabilidade de protegê-los ou removê-los para áreas seguras, em médio prazo.

As edificações como favelas e habitações de população de baixa renda, **devem ter sua transferência negociada para áreas mais seguras.**

No caso de **áreas industriais e comerciais** pode-se incentivar as medidas de proteção às construções e, se for o caso, de toda a área, a expensas dos beneficiados.

3.8.8 Cenário de Convivência com Cheias e Estiagens (Cenário 0)

O crescimento populacional, principalmente nas áreas urbanas, e o consequente crescimento das cidades geram muitos impactos sobre o meio ambiente.

Fatores como um aumento expressivo e contínuo da população urbana após 1970 até os dias atuais (IBGE, 2010), falta de uma política nacional de desastres naturais até meados de 2012 (BRASIL, 2012), a ineficiência da aplicação ou a má formulação de planos que envolvam proteção a inundações, contribuem para um panorama em que as inundações estão causando danos econômicos e sociais em escala crescente.

No que se referem aos recursos hídricos, problemas de abastecimento urbano, poluição e enchentes são cada vez mais frequentes.

A impermeabilização de um ambiente antes rural direciona maior parcela de água pluvial a um escoamento superficial, dada à redução da interceptação, infiltração e evaporação, além de provocar uma aceleração do movimento da água dentro da bacia, por reduzir o amortecimento e canalizar o escoamento. Como resultado, tem-se mais volume de água em menor tempo, levando à ocorrência de cheias com magnitudes variáveis (Lindsey, 1990).

A qualidade dos corpos d'água em meios urbanizados também é alterada, visto que a maioria dos dejetos da cidade é direcionada para estes (Hall, 1986).

Para estimar o **Cenário 0**, foi considerado que a projeção de crescimento da área urbana é o uso preponderante que irá ser modificado no futuro.

Para tanto, foram utilizadas informações das macrozonas dos Planos Diretores dos municípios que fazem parte da Bacia, identificando as áreas de expansão urbana, em combinação com as informações de área e população urbana dos Setores Censitários do IBGE.

Conforme descrito no Relatório Técnico referente ao Produto 10 - Estudos Hidrológicos, além dos fatores naturais e dos estruturais que alteram o escoamento do Rio Gravataí outro fator de grande importância são as retiradas de água, tanto para irrigação quanto para abastecimento urbano que, juntamente com os lançamentos de efluentes, são potencializadores dos problemas durante as estiagens, causando desabastecimento e deterioração da qualidade d'água.

Em consequência, fez-se necessário avaliar os impactos causados pelas atividades agrícolas na bacia.

Esta avaliação foi efetuada a partir de uma simulação do funcionamento do sistema para diferentes áreas de exploração agrícola (basicamente irrigação do arroz), visando avaliar as falhas de atendimento considerando demandas de abastecimento público, criação animal, e usos industriais, além de propiciar garantia de vazão mínima remanescente para manutenção da qualidade d'água e ecossistemas dependentes do curso d'água.

✓ **Análise do Efeito das Cheias**

No presente estudo, o cenário futuro tendencial (**Cenário 0**) de crescimento urbano foi estimado a partir da identificação das áreas de expansão urbana conforme os Planos Diretores dos municípios que fazem parte da Bacia, em combinação com as informações de área e população urbana dos Setores Censitários do IBGE, conforme apresentado na Figura 34.

Foram elaborados novos mapas com o coeficiente CN e com a impermeabilização com base nas projeções de expansão urbana dos municípios sendo apresentados nos anexos.

As vazões para cada tempo de retorno, a análise da consistência dos resultados em relação aos incrementos de CN e coeficiente de impermeabilização e mapas com os resultados das vazões de cheia também são apresentados nos Produto 12 e serviram de subsídio para as novas simulações hidrodinâmicas.

Portanto, a partir destas parametrizações, foi possível estimar as áreas inundadas para períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos, nas condições atuais de ocupação e no cenário tendencial.

O impacto da expansão urbana pôde ser avaliado a partir da comparação das estimativas de áreas inundadas nas condições atuais de ocupação e no cenário tendencial, para cada um dos períodos de retorno simulados.

No Produto 12 são apresentadas as diferenças, em planta, das estimativas de áreas inundadas nas condições atuais de ocupação e no cenário tendencial, para os diversos períodos de retorno simulados.

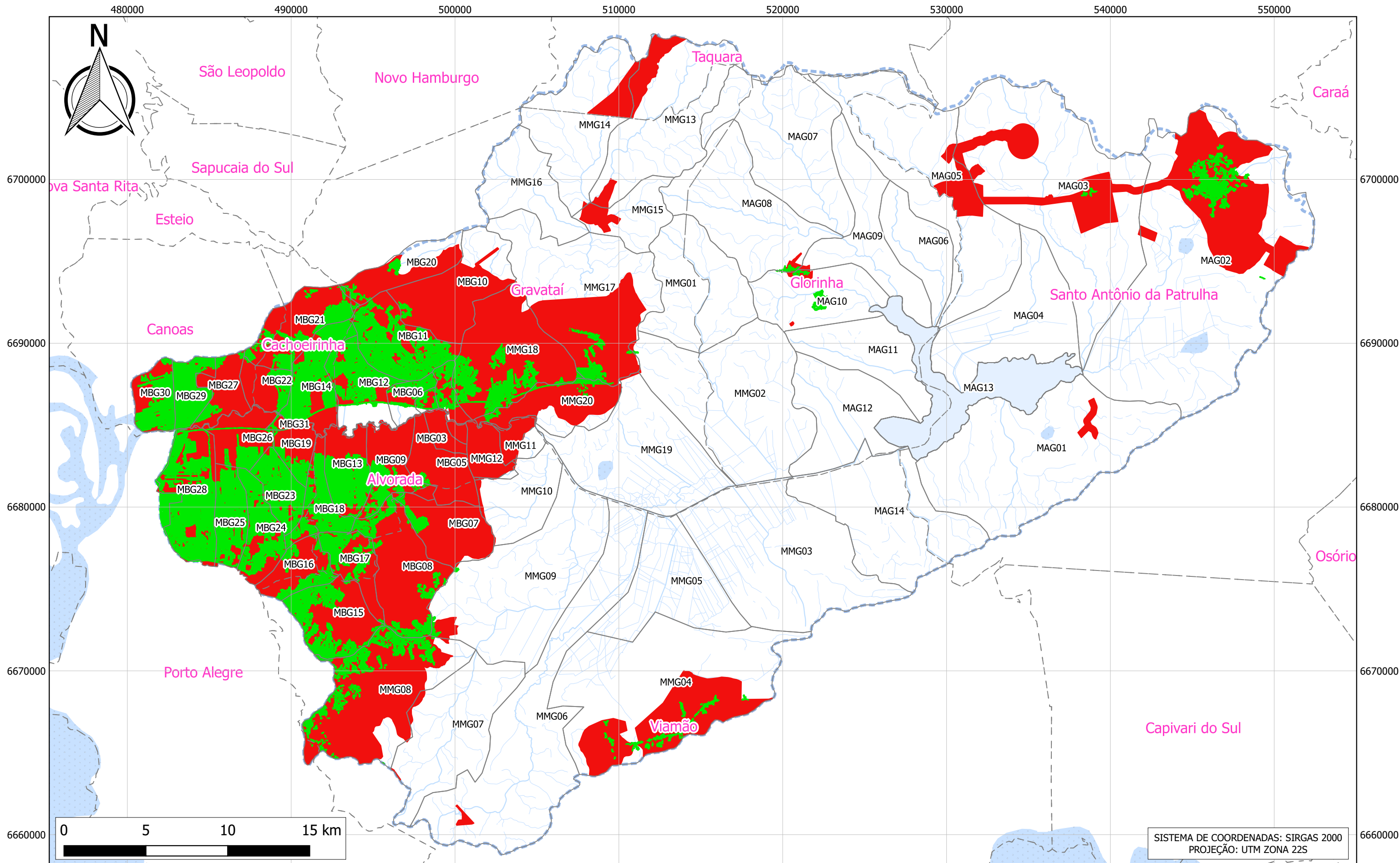
• **Quantificação das Edificações Atingidas**

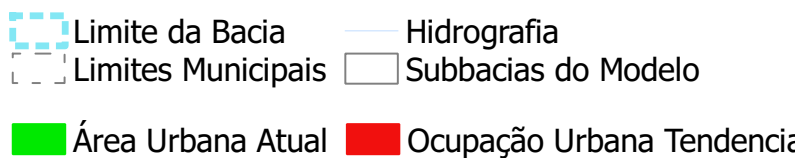
Para a quantificação do número de edificações atingidas nos diversos Tempos de Recorrência na Situação Atual (SA), foram utilizadas as imagens aerofotogramétricas obtidas e tratadas.

Com a demarcação de todas as edificações em formato *Esri Shapefile* (.shp), procedeu-se à verificação das unidades atingidas conforme o Tempo de Recorrência, com o auxílio do software de geoprocessamento *Maptitude*, da desenvolvedora *Caliper*.

A seguir estão apresentados os resultados obtidos por Tempo de Recorrência em cada município na Situação Atual (SA). Sendo considerada a estabilização populacional e da urbanização nas áreas atingidas. A quantificação em termos de edificação atingida, está apresentada para cada TR no Quadro 35.

A quantificação do prejuízo anualizado e do seu valor presente no horizonte de projeto é apresentada no capítulo seguinte (apresentado em detalhe no PRODUTO 13), em que são contabilizados todos os prejuízos relacionados às inundações ribeirinhas, desde prejuízos diretos às edificações, a prejuízos industriais, de limpeza de edificações e prejuízos públicos.



 METROPLAN	 GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL		 METROPLAN	ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS E ESTIAGEM NA BACIA DO RIO GRAVATAÍ
 encop	 ENGENHARIA M		Escala: GRÁFICA	Figura 34: Cenário Tendencial de Ocupação Urbana

Quadro 35 - Área Edificada atingidas na Situação Atual com TR's 5, 10, 25, 50 e 100 anos

	Município	Classe 1 - Até 1 metro		Classe 2 - De 1m a 2,5m		Classe 3 - De 2,5 m a 3 m		Classe 4 - Maior que 3 m		Total por município	
		Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações
TR 5	Alvorada	18.804	24	1.162	7	737	8	1.101	3	21.804	42
	Cachoeirinha	1.287	11	40	1	0	0	0	0	1.327	12
	Gravataí	27.751	247	3.891	48	27	1	0	0	31.669	296
	Porto Alegre	2.397	14	1.185	14	0	0	1.189	25	4.771	53
	Total Geral	50.239	296	6.278	70	764	9	2.290	28	59.571	403
TR 10	Alvorada	20.239	35	2.115	15	262	1	1.983	13	24.599	64
	Cachoeirinha	16.507	145	491	3	40	1	0	0	17.038	149
	Gravataí	58.857	441	10.604	112	441	13	27	1	69.929	567
	Porto Alegre	28.624	204	3.536	25	9	1	65.924	152	98.093	382
	Total Geral	124.227	825	16.746	155	752	16	67.934	166	209.659	1.162
TR 25	Alvorada	6.182	22	18.499	30	39	1	1.983	13	26.703	66
	Cachoeirinha	176.287	1404	66.165	608	2456	35	40	1	244.948	2048
	Gravataí	97.538	726	19.434	189	1079	21	141	6	118.192	942
	Porto Alegre	44.349	376	6.765	75	787	9	70.378	229	122.279	689
	Total Geral	324.356	2.528	110.863	902	4.361	66	72.542	249	512.122	3.745
TR 50	Alvorada	5.482	17	19.199	35	39	1	1.983	13	26.703	66
	Cachoeirinha	190.485	1490	124.238	1104	4667	47	663	13	320.053	2654
	Gravataí	105.543	830	28.452	246	1134	16	382	13	135.511	1105
	Porto Alegre	362.634	2.952	20.741	199	27	1	71.083	239	454.485	3.391
	Total Geral	664.144	5.289	192.630	1.584	5.867	65	74.111	278	936.752	7.216
TR 100	Alvorada	4.652	16	20.062	40	239	2	1983	13	26.936	71
	Cachoeirinha	197.425	1.587	129.473	1.092	19.290	193	2.496	36	348.684	2.908
	Gravataí	121.610	887	33.945	289	1613	12	887	22	158.055	1.210
	Porto Alegre	718.594	4.301	46.761	346	137	2	71.406	241	836.898	4.890
	Total Geral	1.042.281	6.791	230.241	1.767	21.279	209	76.772	312	1.370.573	9.079

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

No Cenário tendencial (C0) é estimado o crescimento total das cidades da bacia no final do horizonte de estudo, de 30 anos, levando-se em consideração os planos diretores dos municípios, a expectativa na alteração do uso do solo nos próximos anos e o padrão da densidade de edificações por km².

No Quadro 36 a seguir estão as áreas adicionais, em m², atingidas pelas novas manchas de inundação (C0):

Quadro 36 - Novas áreas edificadas sujeitas aos eventos de cheias (30 anos)

TR	Classe	Alvorada (Edificação Industrial)	Cachoeirinha	Canoas	Gravataí	Porto Alegre
TR05	Classe 1	31.291	0	105.614	72.116	65.665
	Classe 2	182.520	0	0	190.833	0
	Classe 3	0	0	0	0	0
	Classe 4	0	0	4.151	0	0
TR10	Classe 1	31.291	38.045	49.729	100.284	0
	Classe 2	96.530	0	61.941	190.833	65.665
	Classe 3	85.990	0	0	0	0
	Classe 4	0	0	4.151	0	0
TR25	Classe 1	27.630	38.045	35.506	147.714	4.942
	Classe 2	88.063	0	31.778	58.696	36.153
	Classe 3	36.823	0	44.385	132.137	29.513
	Classe 4	85.990	0	4.151	0	0
TR50	Classe 1	27.630	0	35.506	147.714	33.211
	Classe 2	44.469	38.045	14.222	58.696	0
	Classe 3	43.594	0	61.941	132.137	36.153
	Classe 4	122.813	0	4.151	0	29.513
TR100	Classe 1	34.480	0	35.506	147.714	29.354
	Classe 2	28.356	38.045	14.222	58.696	4.942
	Classe 3	59.707	0	0	132.137	22.064
	Classe 4	122.813	0	66.092	0	43.601

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Análise das Estiagens

A análise de estiagens no **Cenário 0** analisou a partir da projeção das demandas futuras, o déficit hídrico sob a ótica do abastecimento público e das demandas para irrigação na bacia.

No **Cenário 0** foi feita a análise do déficit hídrico **sem obras no banhado** e utilizando como vazão máxima outorgável **50% da Q_{90%}**.

A estimativa de demandas atuais e futuras foi efetuada a partir das informações apresentadas no Relatório Técnico referente ao Produto 10 - Estudos Hidrológicos, levando em consideração projeções de demandas para irrigação, abastecimento público, criação animal, usos industriais, vazão de retorno.

Foram aplicados percentuais de aumento por quinquênio nas demandas com base na previsão de aumento do PIB da EPE (Empresa de Pesquisa Energética: Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2017-2026). Rio de Janeiro. 2017).

As demandas calculadas no Produto 10 (Estudos Hidrológicos) de Abastecimento Público, Criação Animal e Usos Industriais tiveram as suas projeções futuras calculadas e inseridas nas simulações de balanço hídrico conforme modelagem a seguir.

As séries hidrológicas obtidas no modelo foram estendidas a partir de um método de reamostragem (*bootstrapping*) de 50 anos para 300 anos, observando-se a distribuição estatística mensal.

Para todos os trechos analisados no modelo hidrológico a relação demandas x vazão disponível foi analisada considerando-se:

- Prioridade 1: manutenção da vazão remanescente mínima, estipulada em $50\% \times Q_{90\%}$;
- Prioridade 2: abastecimento público e dessedentação animal;
- Prioridade 3: demais demandas (basicamente irrigação do arroz)

A vazão remanescente mínima foi determinada a partir das vazões de referência mensais e não anuais, dada a variabilidade intra-anual das vazões de permanência.

A demanda de abastecimento público foi considerada fixa. Já a demanda de irrigação foi contabilizada a partir de uma curva de consumo. A vazão base considerada foi de 1,17 l/s/ha com coeficientes de consumo entre 16% e 100% no período da safra de arroz. A partir destes valores o consumo por safra totaliza 10.000 m³/ha.

Os açudes particulares foram considerados como cheios (100% da capacidade) no início de cada safra.

A partir dos dados diários foi analisado o atendimento do abastecimento público (prioritário) e de irrigação. **Foi considerada uma relação linear e independente do período de ocorrência entre o volume déficit e a perda na safra de arroz.**

Maior detalhamento da metodologia de balanço hídrico é apresentado no Produto 12.

No Quadro 37 é apresentado um resumo dos resultados das simulações com os déficits de atendimento ao abastecimento público e no Quadro 38 são apresentados os déficits observados e a área efetiva para diferentes valores de área total com plantio de arroz.

Quadro 37 - Déficit de atendimento ao abastecimento público.

CAPTAÇÃO	DÉFICIT	VAZÃO CAPTADA (M ³ /S)	DÉFICIT VOLUME (M ³ /ANO)
Captação ETA Glorinha	3,14%	0,01	14.051,53
Captação ETA Viamão	2,54%	0,41	324.657,64
Captação ETA Passo dos Negros	1,24%	0,11	44.303,45
Captação ETA Alvorada	2,25%	1,32	933.516,95

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

A Figura 35 e a Figura 36 mostram as falhas de Atendimento ao Abastecimento Público e a relação entre Área Irrigada e Área Efetiva (considera uma perda de área plantada de forma linear ao déficit de volume para irrigação) respectivamente.

Na Figura 35 é apresentado o “déficit” médio anual nas captações dentro da bacia considerando um aumento nas demandas de abastecimento público no horizonte de projeto.

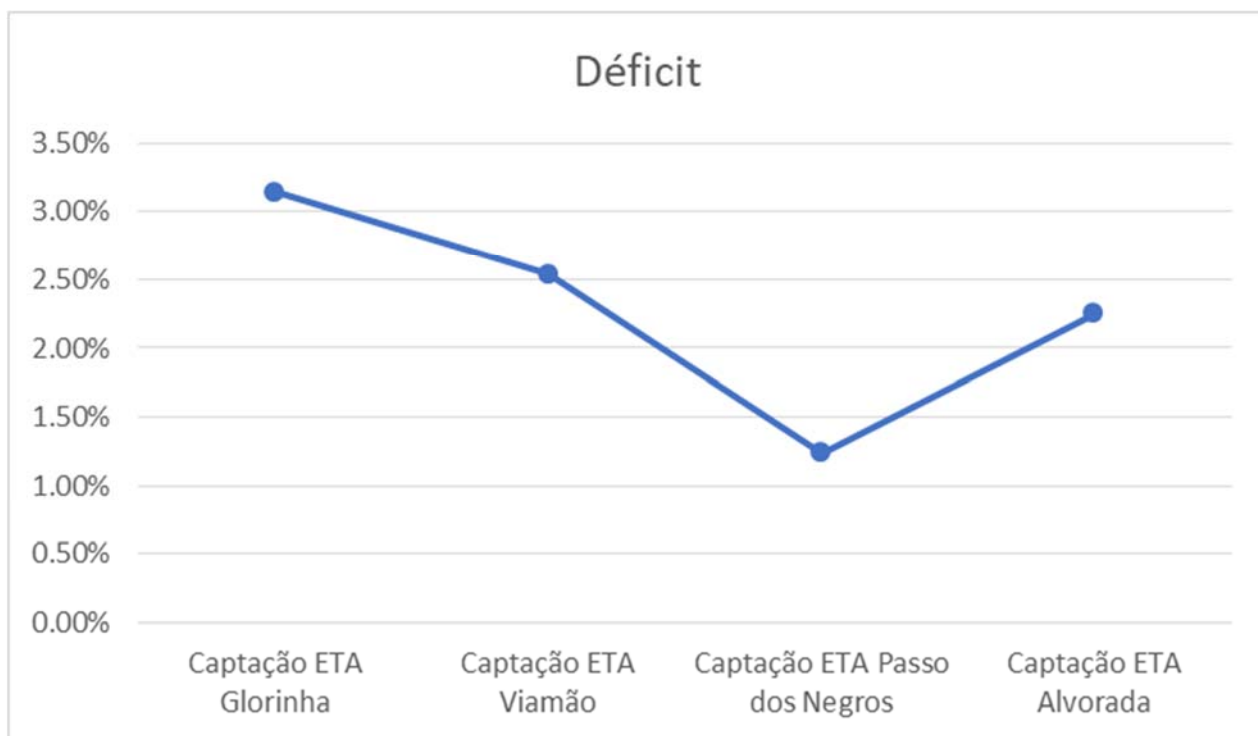


Figura 35 - Déficit médio anual nas captações dentro da Bacia
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Os déficits constatados do abastecimento público podem ser considerados relativamente baixos uma vez que tal déficit independe dos conflitos existentes na bacia, sendo simulada como uma demanda prioritária.

Na captação da ETA Glorinha, onde houve o maior déficit, pode-se reinterpretar o déficit médio anual de 3,14% do tempo como 11,5 dias do ano em que a demanda de abastecimento não é **plenamente** atendida.

Esse valor é um valor médio anual, portanto, ocorrem situações em que a escassez é mais crítica.

Quadro 38 - Déficit de atendimento da demanda para irrigação na bacia para diferentes áreas

ÁREA IRRIGADA TOTAL DA BACIA (HA)		5.000		6.000		8.000		10.000		12.000		14.000		23.000	
Município	% Plantio na Bacia	Déficit	Área Efetiva (ha)	Déficit	Área Efetiva (ha)	Déficit	Área Efetiva (ha)	Déficit	Área Efetiva (ha)	Déficit	Área Efetiva (ha)	Déficit	Área Efetiva (ha)	Déficit	Área Efetiva (ha)
	100%	2,15%	4.893	7,16%	5.570	16,44%	6.685	29,13%	7.087	39,80%	7.224	47,81%	7.307	68,24%	7.305
Alvorada	0,53%	0,00%	26,50	0,00%	31,80	0,00%	42,40	0,00%	53,00	0,00%	63,60	0,06%	65,80	0,21%	73,60
Glorinha	7,33%	0,00%	366,50	0,00%	439,80	0,61%	537,60	1,88%	545,00	2,75%	549,60	3,37%	554,40	4,95%	547,40
Gravataí	2,79%	0,00%	139,50	0,00%	167,40	0,03%	220,80	0,30%	249,00	0,64%	258,00	0,91%	263,20	1,59%	276,00
Porto Alegre	1,83%	0,00%	91,50	0,00%	109,80	0,00%	146,40	0,00%	183,00	0,00%	219,60	0,12%	239,40	0,65%	271,40
Santo Antônio da Patrulha	48,14%	2,15%	2299,50	7,16%	2458,80	14,06%	2726,40	19,80%	2834,00	24,48%	2839,20	27,87%	2837,80	36,29%	2725,50
Viamão	39,38%	0,00%	1969,00	0,00%	2362,80	1,74%	3011,20	7,15%	3223,00	11,93%	3294,00	15,49%	3344,60	24,55%	3410,90

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Na Figura 36 é apresentada a relação entre a área plantada de arroz x área plantada efetiva média anual (considera uma perda de área plantada de forma linear ao déficit de volume para irrigação) na bacia do Rio Gravataí considerando um aumento nas demandas de abastecimento público no horizonte de projeto.

A relação considera uma relação linear entre o déficit hídrico médio anual e a perda de área de plantada.

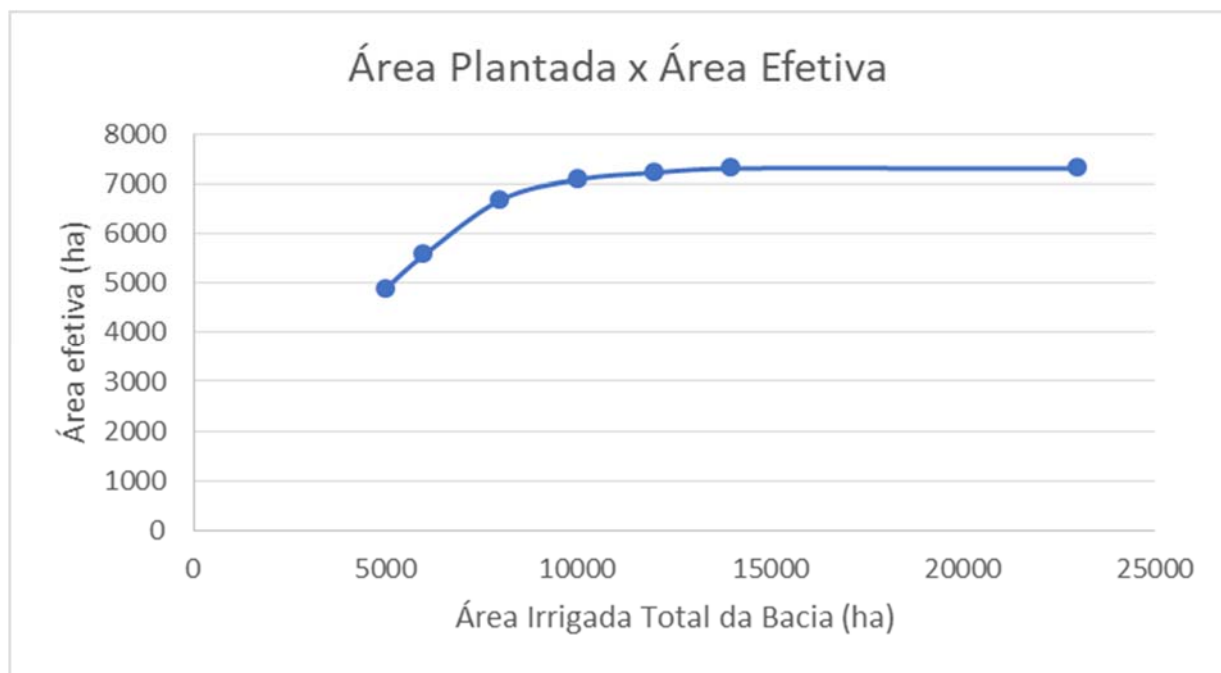


Figura 36 - Área plantada de arroz x área plantada efetiva média anual na bacia
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Por outro lado, constatou-se que a área de cultivo de arroz existente hoje na bacia (em torno de 23.000 ha de acordo com as projeções desse estudo) não é compatível com o atendimento às demandas prioritárias na bacia.

Uma vez atendidas as demandas ambientais, de abastecimento público e dessedentação animal, constata-se que, dadas as vazões naturais disponíveis na bacia, com pouca regularização, a real capacidade da bacia para o cultivo de arroz é muito menor do que a existente.

Também se observou que, para que haja um atendimento aceitável, com poucas perdas, a área total irrigada da bacia deve ser em torno de 5.000 ha, com uma perda média anual de 2,15% da produção.

Com o acréscimo das áreas totais irrigadas, observa-se um crescimento da área efetiva até se chegar a um patamar de aproximadamente 7.000 ha. Portanto, em termos hidrológicos e dadas as simplificações realizadas, a capacidade produtiva da bacia gira em torno de tal patamar.

No entanto, esse valor não implica que em termos econômicos o mesmo seja considerado como um indicador de otimização do retorno do investimento dos agricultores.

Para uma melhor conclusão deve ser feita uma análise econômica e de risco quanto ao percentual de perda aceito nesse ramo para que se tenha a área de retorno econômico ótima.

3.8.9 Cenário de Alternativas 1 (C1)

A presente proposição apresenta três componentes bem definidas e relacionadas com os objetivos do estudo:

- Proposição de alternativas para **minimização dos efeitos de cheias** na Bacia do Rio Gravataí, contemplando a possibilidade de utilização de medidas não-estruturais;
- Proposição de alternativas para **minimização dos efeitos de estiagens** na Bacia do Rio Gravataí, visando aumento da disponibilidade hídrica para abastecimento humano;
- Avaliação de medidas de **recuperação ambiental do sistema hídrico**, com destaque para a lagoa das Anastácias, o Banhado Grande e as obras de canalização particulares e do DNOS.

De uma forma geral, o **Cenário 1** propõe:

- **nas regiões urbanizadas do Baixo e Médio Gravataí**, a alternativa não-estrutural de Zoneamento de Áreas Inundáveis combinada com o uso de Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta e incluindo, ainda a proposta de um sistema de Seguro de Cobertura de Inundações. As alternativas estudadas contemplam o Rio Gravataí e os tributários que passem por áreas urbanizadas. Destaca-se que:
 - o as medidas que atuam sobre o Rio Gravataí ou que são necessárias devido a remanso do Rio Gravataí são **detalhadas por comporem o escopo do trabalho em desenvolvimento**;
 - o as medidas para controle de inundações causadas por falta de capacidade dos tributários para escoar suas cheias são propostas como **diretrizes para os Planos de Drenagem Municipais**, incluindo: Limpeza/dragagem de canal, melhoria de travessias (pontes, pontilhões), reservatórios de detenção.
- **Na região composta pelo Banhado Grande (macro unidade do Alto Gravataí - Banhado Grande) e pelas obras de canalização do DNOS (macro unidade do Médio Gravataí)**, são propostas medidas estruturais, buscando recuperação de funções ambientais do sistema hídrico e controle de erosão do sistema hídrico;
- **As alternativas para minimização dos efeitos de estiagens** na Bacia do Rio Gravataí, visando aumento da disponibilidade hídrica para abastecimento humano, são compostas por propostas de gestão, visando garantir o limite de outorga na bacia. Para tanto, foi realizada a análise de sensibilidade do percentual outorgado da vazão de referência $Q_{90\%}$ e da $Q_{85\%}$, em combinação com as medidas estruturais propostas para o Banhado Grande e Canal do DNOS.

✓ **Avaliação da constrição do escoamento na calha do Rio Gravataí**

No **Cenário 1** não foram propostas alternativas que contemplam intervenções estruturais no que tange as cheias, sendo priorizadas as intervenções não estruturais com o zoneamento das áreas inundáveis de acordo com as constrições hoje existentes na calha do Rio Gravataí.

No entanto, cabe destacar a avaliação realizada quanto à folga dos tabuleiros das pontes que atravessam o Rio Gravataí.

O Quadro 39 apresenta a situação de segurança das pontes quanto à capacidade hidráulica de escoamento da cheia de TR 100 anos.

Quadro 39 - Segurança das pontes e capacidade hidráulica de escoamento para TR 100 anos

Ponte	Localidade	Cota TR100	TR100+ 1,0 m (DNIT)	Cota Inferior Superestrutura	Folga	Observação
BR 116 - Ernesto Neugebeur	Porto Alegre	4,63	5,63	6,46	1,83	OK
BR 116 - Linha Férrea	Porto Alegre	4,63	5,63	4,19	-0,44	Bloqueio
BR 116 - Trensurb	Porto Alegre	4,63	5,40	5,38	0,75	Insuficiente
BR 116 - Ponte 1	Porto Alegre	4,63	5,63	5,34	0,71	Insuficiente
BR 116 - Ponte 2	Porto Alegre	4,63	5,63	5,95	1,32	OK
BR 116 - Ponte 3	Porto Alegre	4,63	5,63	5,42	0,79	Insuficiente
BR 290	Cachoeirinha	5,81	6,81	6,87	1,06	OK
Av. Gal. Flores Da Cunha	Cachoeirinha	6,05	7,05	7,00	0,95	Insuficiente
RS 118	Alvorada	6,27	7,01	8,54	2,27	OK

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Parte das pontes da BR-116 não atendem os requisitos mínimos de segurança quanto à capacidade hidráulica de escoamento de uma cheia de TR 100 anos. O DNIT considera como adequada uma folga de pelo menos 1,0 m entre a cota da geratriz inferior do tabuleiro da ponte e o evento de projeto.

A situação mais crítica é a da BR-116 - Linha Férrea que represa parte do escoamento, uma vez que a cota inferior da superestrutura está abaixo da cota da enchente analisada. Como as velocidades também são altas é necessário avaliar a segurança das pontes quanto à erosão de sua estrutura, considerando que esta é uma importante causa de colapso das pontes.

Indica-se que sejam realizados estudos para a readequação das estruturas das pontes onde foram observadas situações fora das condições aceitáveis de segurança. Além disso, indica-se um levantamento detalhado das condições dos processos erosivos nessas estruturas de passagem sobre o Rio Gravataí ocasionados devido à correnteza do canal fluvial.

✓ Zoneamento das Áreas Inundáveis - Cenário 1

Conforme já mencionado, o **Zoneamento de Áreas Inundáveis** é a definição de um conjunto de regras para a ocupação de áreas de risco de inundação, visando à minimização de perdas materiais e humanas decorrentes de inundações.

O Zoneamento deve ser baseado em uma avaliação objetiva da adequação do uso do solo, risco de cheias, aspectos ambientais, sociais, econômicas e administrativas.

• Delimitação da Planície de Inundação:

A determinação da *planície de inundação para efeitos de zoneamento* é efetuada em função do risco de ocorrência de inundações.

Conforme já mencionado anteriormente, a planície de inundação, à qual serão estabelecidas as regras de ocupação referentes ao zoneamento, é associada à área delimitada pela cota de inundação da cheia com TR = 100 anos.

A partir da delimitação da **Planície de Inundação**, o Zoneamento de Inundações contempla a elaboração do mapeamento de inundações, com definição das três zonas de risco já apresentadas (Zona de Passagem de Cheias, Zona com Restrições de Ocupação e Zona de Baixo Risco).

- **Metodologia para definição das 3 (três) Zonas de Risco:**

Conforme as definições apresentadas, a **Zona de Passagem de Cheias** deve ser capaz de conduzir o escoamento da cheia de TR = 100 anos, de forma a não provocar impactos significativos, nem a montante nem a jusante.

Em consequência, a **Zona com Restrições de Ocupação** (ou seja, o restante da Planície de Inundação) não deve prover contribuições importantes ao escoamento.

A **Zona de Baixo Risco** será composta pelas áreas urbanas externas à da planície de inundação.

Para delimitar estas áreas, busca-se definir a **Zona de Passagem de Cheias** de forma a garantir que a elevação do seu nível d'água esteja dentro de valores aceitáveis mesmo se houver ocupação da **Zona com Restrições**.

Nos Estados Unidos (FEMA, 1992; FEMA, 2004), a máxima elevação permitida no nível d'água é de 1 pé (30,45 cm).

No presente estudo, define-se a máxima elevação no nível d'água como sendo 30 cm. Visando avaliar o efeito da ocupação da **Zona com Restrições no Cenário 1**, segue-se o seguinte procedimento:

- a) efetua-se simulação do sistema para a cheia de TR = 100 anos, considerando a condição atual da **Planície de Inundação** e determina-se o nível d'água e velocidades;
- b) efetua-se uma delimitação preliminar da **Zona de Passagem de Cheias**. Os critérios para esta delimitação preliminar podem variar. No presente estudo, a primeira estimativa da Zona de Passagem de Cheias inclui as áreas inundadas para a cheia de TR = 5 anos, acrescida das áreas atingidas pela cheia de TR = 10 anos onde:
 - a profundidade da lâmina d'água supera 50 cm ($h > 50$ cm); ou
 - a profundidade da lâmina d'água está entre 25 cm e 50 cm e a velocidade de escoamento é maior que 1,0 m/s ($25 \text{ cm} \leq h \leq 50 \text{ cm}$ e $v > 1,0 \text{ m/s}$); ou
- c) supõe-se a execução de aterros em todas áreas previstas para expansão urbana dentro da **Zona com Restrições de Ocupação**, restringindo o escoamento apenas à **Zona de Passagem de Cheias**;
- d) efetua-se nova simulação do sistema para a cheia de TR = 100 anos, determinando-se o novo nível d'água na **Zona de Passagem de Cheias**;
- e) a delimitação efetuada para a **Zona de Passagem de Cheias** será adotada se a elevação no nível d'água for igual ou inferior a 30 cm e se não houver impacto importante em áreas com ocupação já consolidada. Em caso contrário, o processo deve ser repetido com novas delimitações, até serem cumpridas todas as condições.

A Figura 37 mostra a seção transversal do curso d'água sem obstruções.

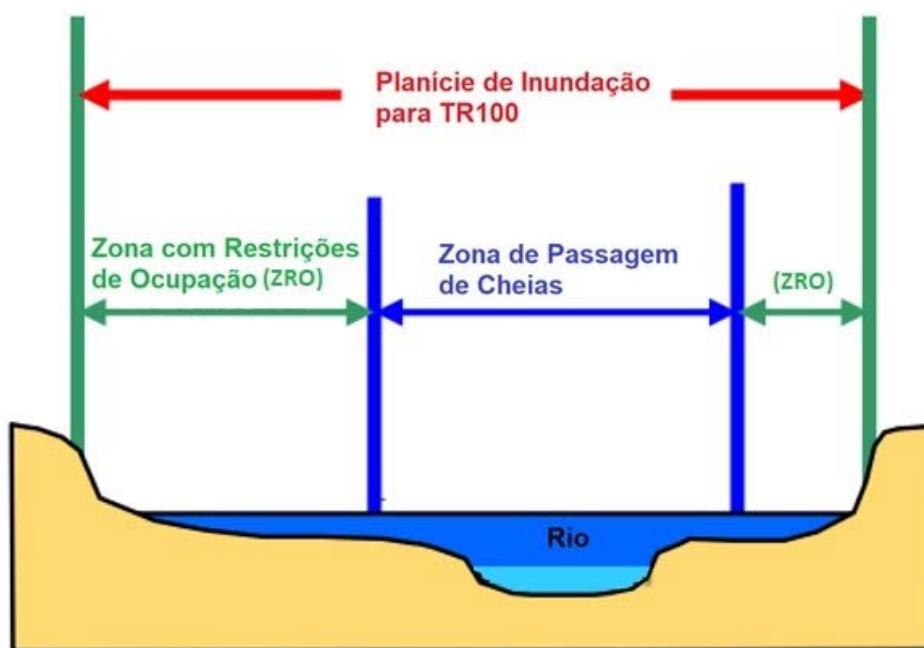


Figura 37 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação sem obstruções
Fonte: DNR, 2014

A Figura 38 mostra a seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação (*Floodplain*) e aterros na Zona com Restrições de Ocupação (*Flood Fringe - FF*), bem como o consequente acréscimo no nível d'água na Zona de Passagem de Cheias (*Floodway*).

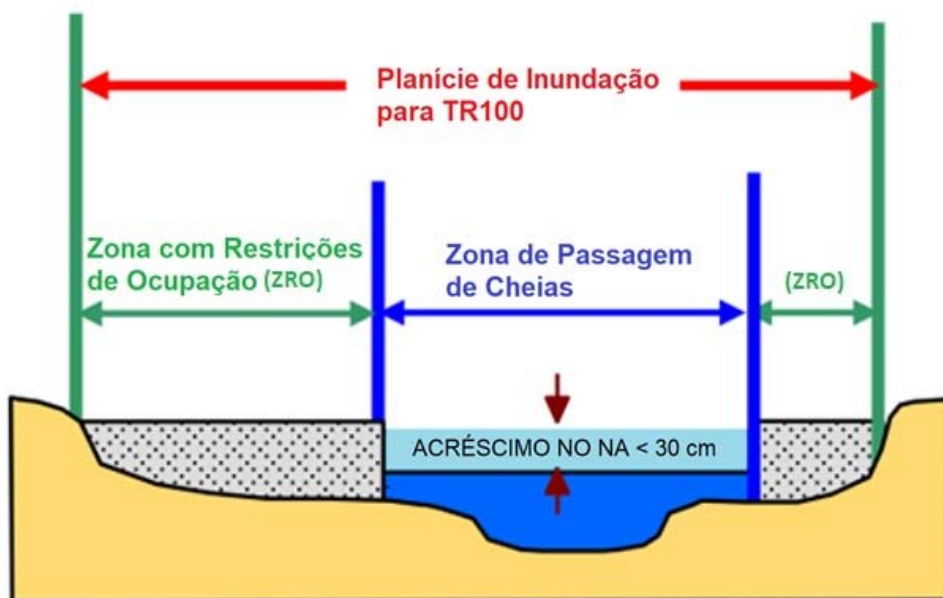


Figura 38 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação com aterros
Fonte: DNR, 2014

As áreas de expansão urbana utilizadas no **Cenário 1** foram definidas com base nos planos diretores de todos os municípios inseridos na bacia do Rio Gravataí. Os Planos Diretores utilizados, em sua versão e ano de publicação, são os apresentados no levantamento da base de dados realizado nesse estudo (Produto 5).

O **Cenário 1** contemplou todas as áreas de expansão localizadas dentro da mancha TR 100 do **Cenário 0**, nesses locais se supôs a execução de aterros. Nem todos os municípios apresentaram áreas de expansão dentro da mancha do **Cenário 0**.

Os municípios que apresentaram áreas de expansão dentro do TR 100 foram: Porto Alegre, Cachoeirinha e Gravataí.

- **Resultados**

Os resultados da metodologia proposta acima são apresentados em forma de mapas de zoneamento para cada região. Tal produto servirá como subsídio para que as prefeituras elaborem o zoneamento urbano de seus municípios seguindo as diretrizes de ocupação propostas.

Foram quantificadas as edificações a serem desapropriadas que se localizam dentro das zonas de passagem de cheias. O Quadro 40 apresenta os quantitativos sem distinção das edificações quanto ao número de pavimentos, tipo de uso (residencial, comercial ou industrial) e se é privado ou público.

As zonas classificadas como de ocupação restrita que já possuem áreas consolidadas também tiveram as edificações quantificadas e são apresentadas no Quadro 41.

Destaca-se a diminuição no número de edificações atingidas quando comparado ao **Cenário 0**, em que nenhuma medida é implementada, dado o fato de que a parcela das edificações localizadas na Zona de Passagem de Cheias é desapropriada.

No Produto 13, que se refere à Viabilidade das Alternativas, foram quantificados os prejuízos **remanescentes** a essas edificações que continuarão a conviver com cheias.

Quadro 40 - Áreas a serem desapropriadas nas zonas de passagem de cheias

MUNICÍPIO	ÁREA (M²)	NÚMERO DE EDIFICAÇÕES
MANCHA DO Rio Gravataí		
Alvorada	19.729	37
Cachoeirinha	105.205	1.013
Canoas	0	0
Gravataí	40.418	396
Porto Alegre	191.720	1.205
Total	357.072	2.651

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Vale lembrar que as edificações que continuarão a conviver com as cheias, tem uma exposição muito menor que edificações mais próximas à calha do rio, portanto, o tempo de recorrência e o nível de ameaça são reduzidos quando comparado às edificações a serem desapropriadas.

Quadro 41 - Áreas de convivência de cheias já consolidadas na zona com restrições

MUNICÍPIO	ÁREA (M²)	NÚMERO DE EDIFICAÇÕES
MANCHA DO Rio Gravataí		
Alvorada	2.869	20
Cachoeirinha	278.696	2.183
Canoas	159.964	6
Gravataí	139.395	1.011
Porto Alegre	1.377.246	5.562
Total - Rio Gravataí	1.958.170	8.782

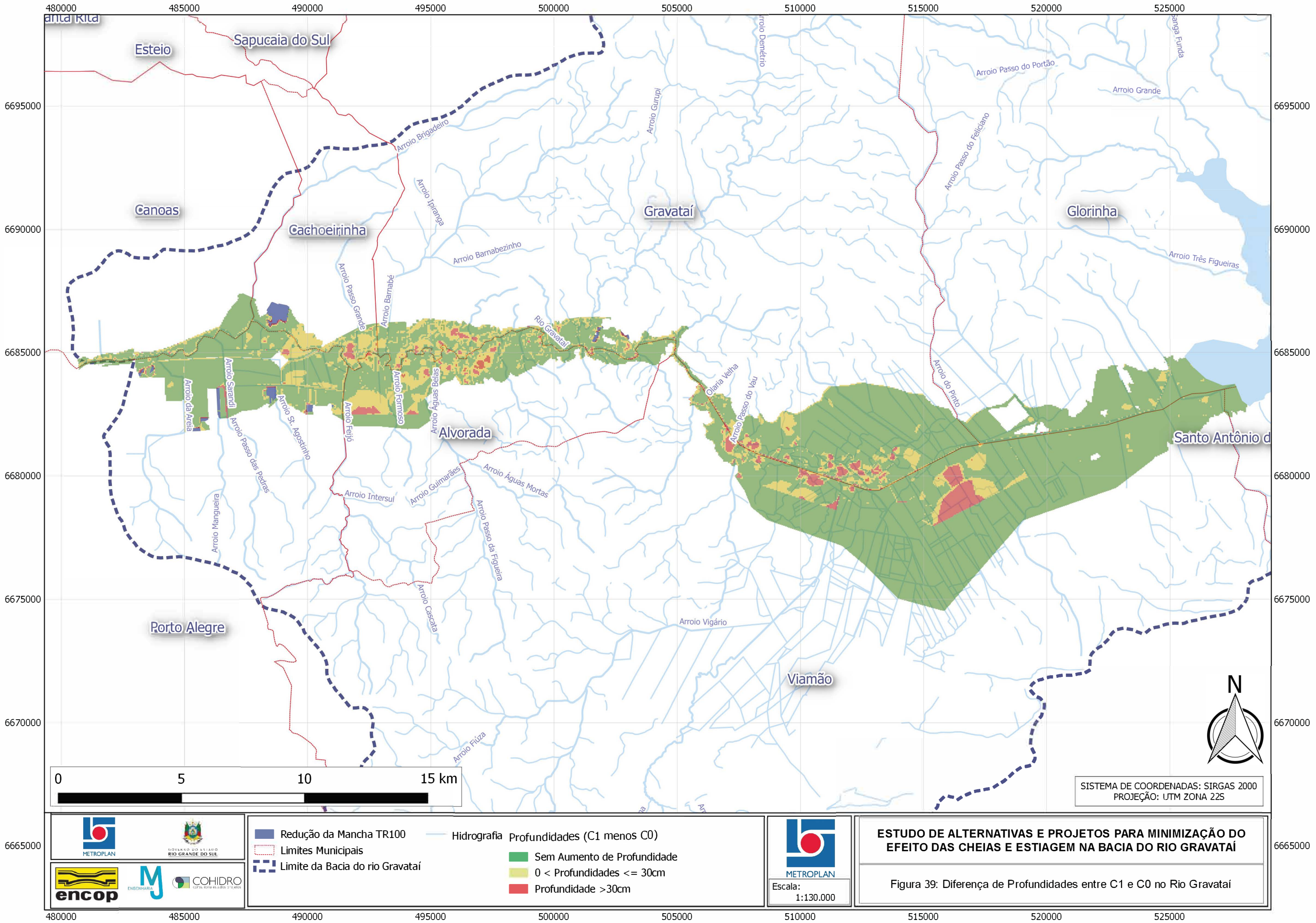
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

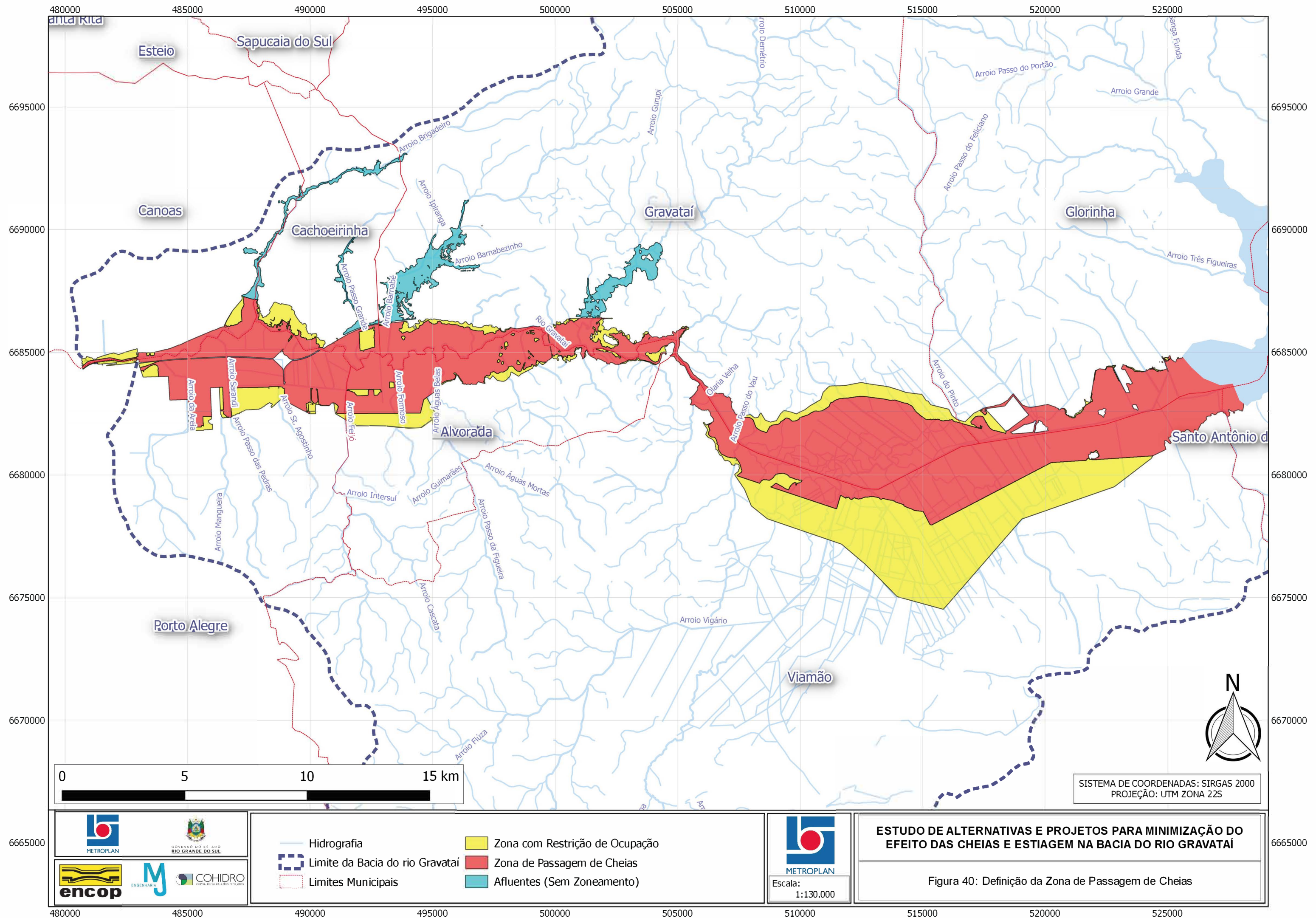
A Figura 39 apresenta as diferenças de elevação no nível d'água entre os cenários 0 e 1, onde foi possível perceber que os impactos ocasionados pelo **Cenário 1** ficaram abaixo dos 30 cm adotados como elevação máxima permitida, mesmo com a simulação de execução de aterros nas áreas de expansão que estão previstas nos planos diretores dos municípios e que se encontram dentro das zonas de ocupação restrita.

A Figura 40 apresenta o zoneamento do Baixo e Médio Gravataí de forma a ilustrar os resultados obtidos.

Os produtos efetivamente aplicáveis como ferramentas de gestão são apresentados nos anexos do Produto 12, em formato condizente (formato A1) e em escala apropriada (1:10.000).

Fazem parte da entrega deste produto, o Geodatabase (.gdb) com o zoneamento em formato digital vetorizado e editável.





✓ Estimativas dos Custos de Implantação, Operação e Manutenção das Intervenções

Os custos foram apresentados sem a inclusão da composição do BDI nos quadros específicos, sendo tal elemento incorporado no Quadro 43 - Custo Total das Intervenções - C1.

Conforme o Decreto Nº 19.224 de 25 de novembro de 2015 foi considerado BDI conforme o tipo de obra ou serviço: 28,21% os serviços de INFRAESTRUTURA, incluindo pavimentação, iluminação pública, praças, saneamento, sistemas de água, esgoto cloacal e pluvial e seus respectivos serviços de conservação e manutenção; 19,35 % BDI diferenciado para fornecimento de materiais; 15,38% para projetos e serviços de apoio técnico de engenharia.

O estudo para levantamento dos custos de desapropriação é normatizado pela ABNT NBR 14653-1:2001 como uma análise técnica, realizada por engenheiro de avaliações, que serve para subsidiar tomadas de decisões a respeito do valor de um bem, de seus custos, frutos e direitos, assim como determinar indicadores da viabilidade de sua utilização econômica para determinada finalidade, situação e data.

O **Cenário 1** foi desenvolvido, tendo como base o Método Comparativo direto de dados de mercado.

É o método mais utilizado na avaliação de imóveis urbanos (THOFEHRN, 2010). Inicia com a coleta de dados de mercado sobre determinado bem, que possua características semelhantes com o bem que está sendo avaliado - contemplando fatores do próprio imóvel como também da região onde está localizado, preferencialmente.

• Orçamento de Desapropriação e Convivência com Cheias no Zoneamento do Cenário 1

No Quadro 42 abaixo consta o orçamento (i) da desapropriação da zona de passagem de cheias no **Cenário 1**; (ii) das demolições das edificações a serem desapropriadas; (iii) da revitalização das áreas desapropriadas com a implantação de parques lineares; e (iv) da avaliação dos imóveis a serem desapropriados.

Quadro 42 - Custo total do zoneamento, desapropriação e revitalização das áreas no **Cenário 1**

ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR (SEM BDI)
1	Zoneamento com desapropriações C1	R\$ 501.457.200,08
1.1	Desapropriações	R\$ 455.527.454,89
1.2	Avaliação dos Imóveis (1%)	R\$ 4.555.274,55
1.3	Demolições e Transporte até 30 km	R\$ 20.721.968,20
1.4	Parque Linear	R\$ 20.652.502,44

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

O Quadro 43 compõe os custos totais do **Cenário 1**, incluindo as despesas com BDI, que agrega não só os custos mencionados acima, mas também os custos de melhoria do sistema de monitoramento, previsão e alerta e das obras propostas para a revitalização do Banhado Grande, cujas propostas serão detalhadas nos itens subsequentes.

Quadro 43 - Custo Total das Intervenções - C1

Item	Descrição	Valor sem BDI (R\$)	Valor dos serviços com BDI 28,21% (R\$)	Valor do fornecimento de materiais ou diferenciados com BDI 19,35% (R\$)	Valor dos itens relativo a projetos e serviços de apoio técnico com BDI 15,38% (R\$)	Valor TOTAL com BDI (R\$)
1	Zoneamento com desapropriações					R\$ 601.881.586,00
1.1	Desapropriações	R\$ 455.527.454,89		R\$ 543.672.017,41		R\$ 543.672.017,41
1.2	Avaliação dos Imóveis (1%)	R\$ 4.555.274,55			R\$ 5.255.875,77	R\$ 5.255.875,77
1.3	Demolições e Transporte até 30 km	R\$ 20.721.968,20	R\$ 26.567.635,43			R\$ 26.567.635,43
1.4	Parque Linear	R\$ 20.652.502,44	R\$ 25.554.062,37		R\$ 831.995,02	R\$ 26.386.057,38
2	Banhado Grande					R\$ 5.489.932,01
2.1	Minibarramentos	R\$ 4.296.997,94	R\$ 5.316.825,58		R\$ 173.106,43	R\$ 5.489.932,01
3	Sistema de Monitoramento					R\$ 525.661,00
3.1	Melhoria da rede	R\$ 410.000,00	R\$ 525.661,00			R\$ 525.661,00
TOTAL		R\$ 506.164.198,02	R\$ 57.964.184,38	R\$ 543.672.017,41	R\$ 6.260.977,22	R\$ 607.897.179,01

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.8.10 Cenário de Alternativas 2 (C2)

A presente proposição apresenta três componentes bem definidas e relacionadas com os objetivos do estudo:

- Proposição de alternativas para **minimização dos efeitos de cheias** na Bacia do Rio Gravataí, contemplando a possibilidade de utilização de medidas estruturais e não-estruturais;
- Proposição de alternativas para **minimização dos efeitos de estiagens** na Bacia do Rio Gravataí, visando aumento da disponibilidade hídrica para abastecimento humano;
- Avaliação de medidas de **recuperação ambiental do sistema hídrico**, com destaque para a lagoa das Anastácias, o Banhado Grande e as obras de canalização particulares e do DNOS.

Destaca-se que o **Cenário 2** prioriza a implementação de alternativas estruturais, o que não implica que não haja intervenções não-estruturais.

Nas áreas urbanas, o **Cenário 2** propõe soluções que incluem a implementação de sistema de proteção compostos por diques em terra combinados a sistemas de bombeamento.

Onde se constatou que os diques de proteção criariam externalidades a regiões vizinhas, como o estrangulamento do fluxo com remanso em regiões a montante das obras, descartou-se o uso dos diques e optou-se pela manutenção da alternativa escolhida no **Cenário 1**.

Portanto, assim como no **Cenário 1**, em determinadas regiões, se mantém a opção pela desapropriação de populações em risco a partir do **Zoneamento de Áreas Inundáveis**, combinado às propostas de melhoria do **Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta dos desastres naturais** e de inclusão de um **Sistema de Cobertura de Inundações**, que são elementos para a minimização dos impactos sociais causados pelas cheias.

De uma forma geral, o **Cenário 2** propõe:

- **nas regiões urbanizadas do Baixo e Médio Gravataí**, a alternativa estrutural de implantação de sistemas de proteção compostos por diques em terra e sistemas de bombeamento combinada à alternativa não-estrutural de Zoneamento de Áreas Inundáveis, com o uso de Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta e incluindo, ainda a proposta de um sistema de Seguro de Cobertura de Inundações.
As alternativas estudadas contemplam o Rio Gravataí e os tributários que passem por áreas urbanizadas. Destaca-se que:
 - o as medidas que atuam sobre o Rio Gravataí ou que são necessárias devido a remanso do Rio Gravataí são **detalhadas por comporem o escopo do trabalho em desenvolvimento**;
 - o as medidas para controle de inundações causadas por falta de capacidade dos tributários para escoar suas cheias são propostas como **diretrizes para os Planos de Drenagem Municipais**, incluindo: Limpeza/dragagem de canal, melhoria de travessias (pontes, pontilhões), reservatórios de detenção.

- Na região composta pelo **Banhado Grande (macro unidade do Alto Gravataí - Banhado Grande)** e pelas obras de canalização do DNOS (macro unidade do Médio Gravataí), são propostas medidas estruturais, buscando recuperação de funções ambientais do sistema hídrico e controle de erosão do sistema hídrico;
- As **alternativas para minimização dos efeitos de estiagens** na Bacia do Rio Gravataí, visando aumento da disponibilidade hídrica para abastecimento humano, são compostas por propostas de gestão, visando garantir o limite de outorga na bacia. Para tanto, foi realizada a análise de sensibilidade do percentual outorgado da vazão de referência $Q_{90\%}$ e da $Q_{85\%}$, em combinação com as medidas estruturais propostas para o Banhado Grande e Canal do DNOS.

✓ **Projetos de Engenharia das Intervenções Estruturais**

São analisadas e propostas intervenções estruturais na bacia em diferentes locais. As intervenções são descritas abaixo por região.

- **Baixo Gravataí**
 - o Áreas inundáveis no município de Porto Alegre, na Zona Norte, no sistema de proteção do Aeroporto, na chamada Vila Dique.
 - o Áreas inundáveis no município de Porto Alegre, na Zona Norte, a oeste no Bairro Sarandi se aproximando e protegendo o projeto de prolongamento da pista do aeroporto devido às cheias no Rio Gravataí na margem esquerda.
 - o Áreas inundáveis no município de Porto Alegre, na Zona Norte, a leste no Bairro Sarandi devido às cheias no Rio Gravataí na margem esquerda.
 - o Áreas inundáveis no município de Cachoeirinha, ao Sul devido às cheias no Rio Gravataí na margem direita.
 - o Áreas inundáveis no município de Gravataí, ao Sul no Bairro Caça e Pesca devido às cheias no Rio Gravataí na margem direita.

Todas as intervenções propostas sofrem os impactos do mesmo fenômeno que são as cheias do Rio Principal da bacia, o Rio Gravataí. As intervenções propostas visam minimizar a exposição ao risco de cheias das populações que habitam essas regiões.

Pelo fato das obras serem propostas em áreas de planície de inundação do Rio Principal, onde há um maior alargamento, estas obras não geram impactos às regiões vizinhas por não ocorrer o estrangulamento do fluxo.

Portanto, as externalidades são mínimas nesse sentido, atendendo os limites aceitáveis de aumento na lâmina d'água e incremento das áreas inundáveis.

Em todas as áreas onde se observou o impacto das inundações, se propõe um sistema de proteção por dique de proteção em terra e sistema de bombeamento.

Todas as intervenções propostas, cuja análise, seções-tipo, métodos construtivos e quantitativos são apresentados nos itens a seguir, têm a sua localização indicada na Figura 41.

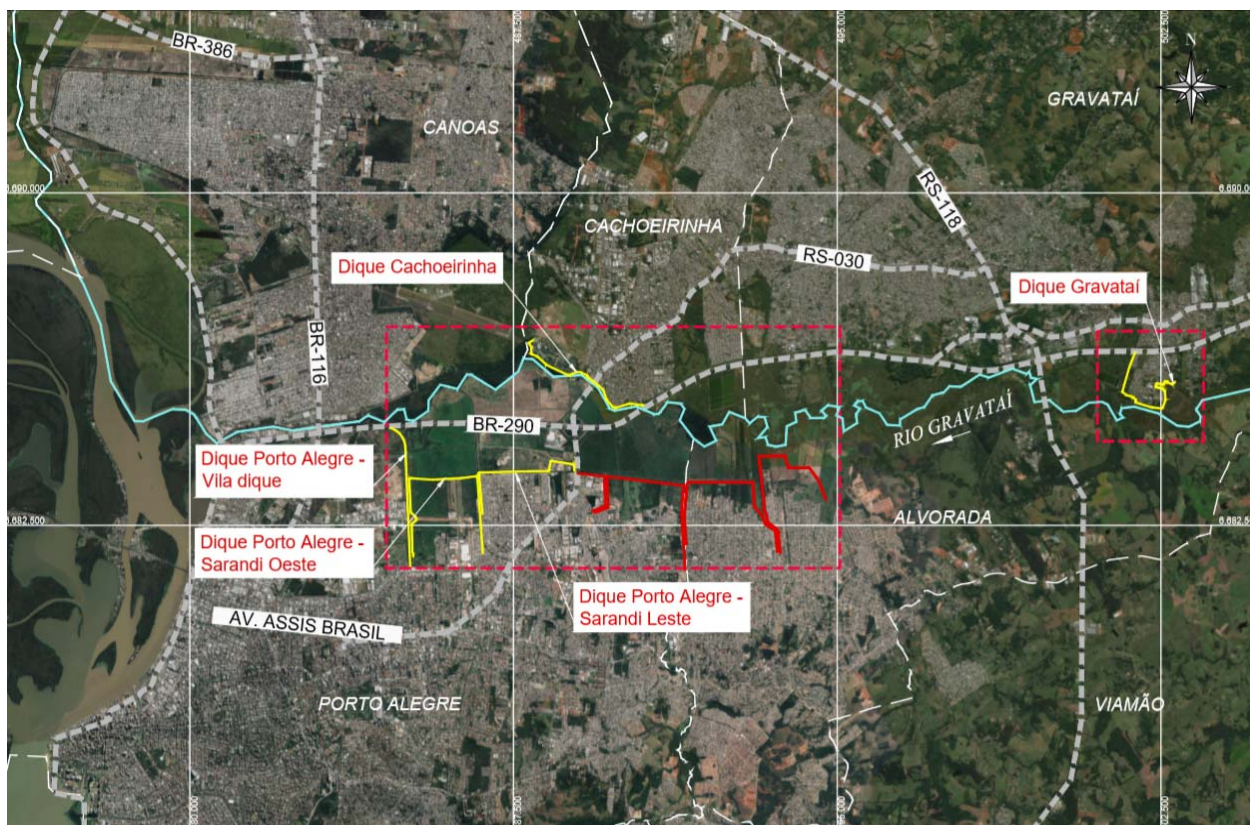


Figura 41 - Localização das intervenções para minimização de cheias no Baixo Gravataí
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

- **Médio Gravataí e Alto Gravataí - Banhado Grande**

Foram propostas pequenas obras de revitalização de áreas degradadas na região desde o Passo dos Negros e Lagoa das Anastácias até o Banhado Grande.

Com vistas à minimização dos impactos hídricos decorrentes da expansão do cultivo do arroz irrigado e da construção do Canal do DNOS, foram analisadas e propostas intervenções estruturais na área de proteção ambiental do Banhado Grande, na bacia do Rio Gravataí.

Essas intervenções, por comporem tanto o **Cenário 1** quanto o **Cenário 2**, sendo uma alternativa única são expostas separadamente no capítulo 3.8.12, portanto não são detalhadas nesse capítulo. Aqui tal obra é apenas revisitada por também compor o **Cenário 2**.

A Figura 42 apresenta a localização do trecho onde foram propostas as soluções por **minibarramentos galgáveis**.

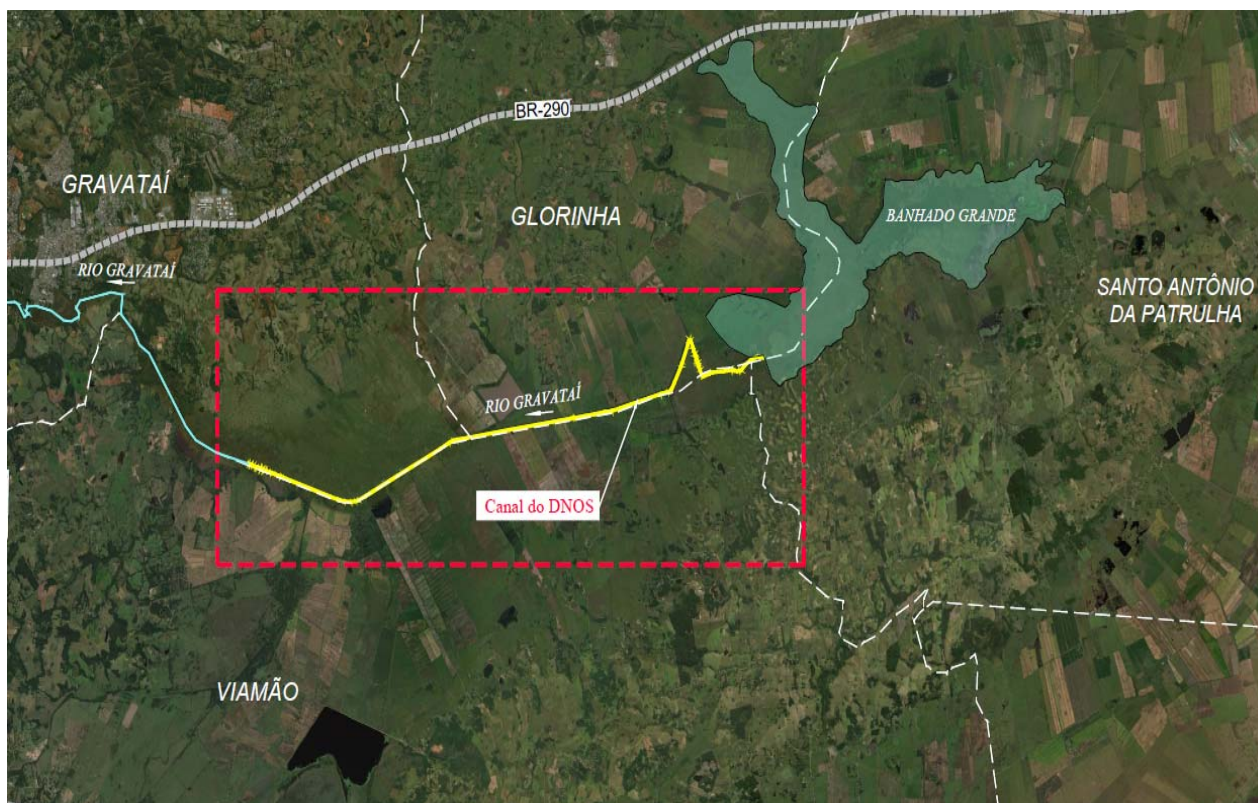


Figura 42 - Localização das intervenções de revitalização das áreas a jusante e no Banhado Grande
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

- **Alto Gravataí - Formadores**

Não foram propostas intervenções estruturais no Alto Gravataí - Formadores.

- **Elevação de Dique de Proteção existente em Porto Alegre - Vila Dique**

- o **Localização e caracterização do problema**

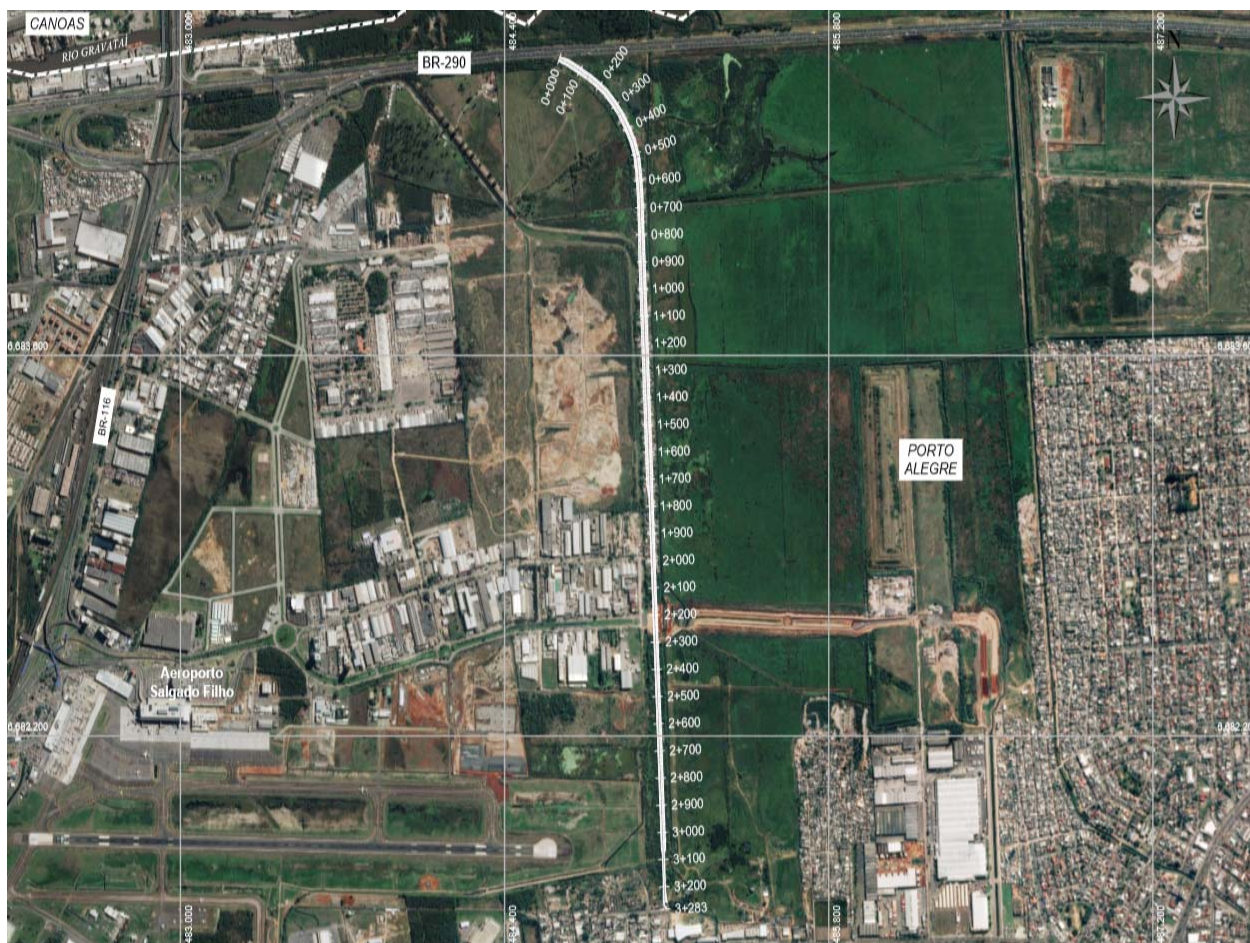
O sistema de proteção existente localiza-se na zona norte do município de Porto Alegre a leste do Aeroporto Salgado Filho, onde hoje se localiza a chamada Vila Dique.

As simulações realizadas indicam que há transbordamento do dique para eventos mais extremos, por isso se propõe a elevação da cota do dique para 6,30 m, aproximadamente 1,0 m em média dada a cota variável do dique existente em torno de 5,30 m.

O problema a ser resolvido nessa região é causado pelas cheias do Rio Gravataí na margem esquerda.

A Figura 43 apresenta a localização das estruturas. A solução proposta consiste na elevação do dique existente protegendo o lado oeste onde se localiza o Aeroporto, regiões industriais e de expansão.

Não há necessidade de implantação de nova casa de bombas, além das melhorias já propostas pelo DEP, que recentemente elaborou o projeto e orçamento da CB-06.



*Figura 43 - Planta da elevação do dique proposto no polder de proteção do Aeroporto - Vila Dique.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí*

- **Dique de Proteção Porto Alegre - Sarandi Oeste**
 - o **Localização e caracterização do problema**

A área em questão localiza-se a oeste da área anterior, protegendo a zona onde está previsto o prolongamento da pista do aeroporto Salgado Filho.

A proteção protege áreas já impactadas e permite uma possível expansão urbana. O problema a ser resolvido nessa região é causado pelas cheias do Rio Gravataí na margem esquerda. A Figura 44 apresenta a localização das estruturas.

Nota-se que na mesma área já existe o prolongamento da Av. Severo Dullius, com o propósito também de proteção contra cheias, além do acesso viário. Devem ser desenvolvidos os detalhes de interação entre tais obras.

A solução proposta consiste na elevação de um novo dique protegendo o lado oeste do Bairro Sarandi, exposto aos eventos de cheias na Zona Norte de Porto Alegre na cota 6,3 m.

O sistema de proteção é também complementado por uma casa de bombas na região a Noroeste do novo dique. A Estação de Bombeamento deverá possuir quatro bombas de 161 CV mais uma reserva $([4+1R] * 161 \text{ CV})$.



*Figura 44 - Dique proposto no Bairro Sarandi em Porto Alegre e sistema de bombeamento.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí*

- **Dique de Proteção Porto Alegre - Sarandi Leste**
 - o **Localização e caracterização do problema**

A área em questão localiza-se ao norte do Bairro Sarandi, em seu trecho a leste iniciando junto à Av. Assis Brasil se estendendo na direção oeste de forma a proteger todo o bairro.

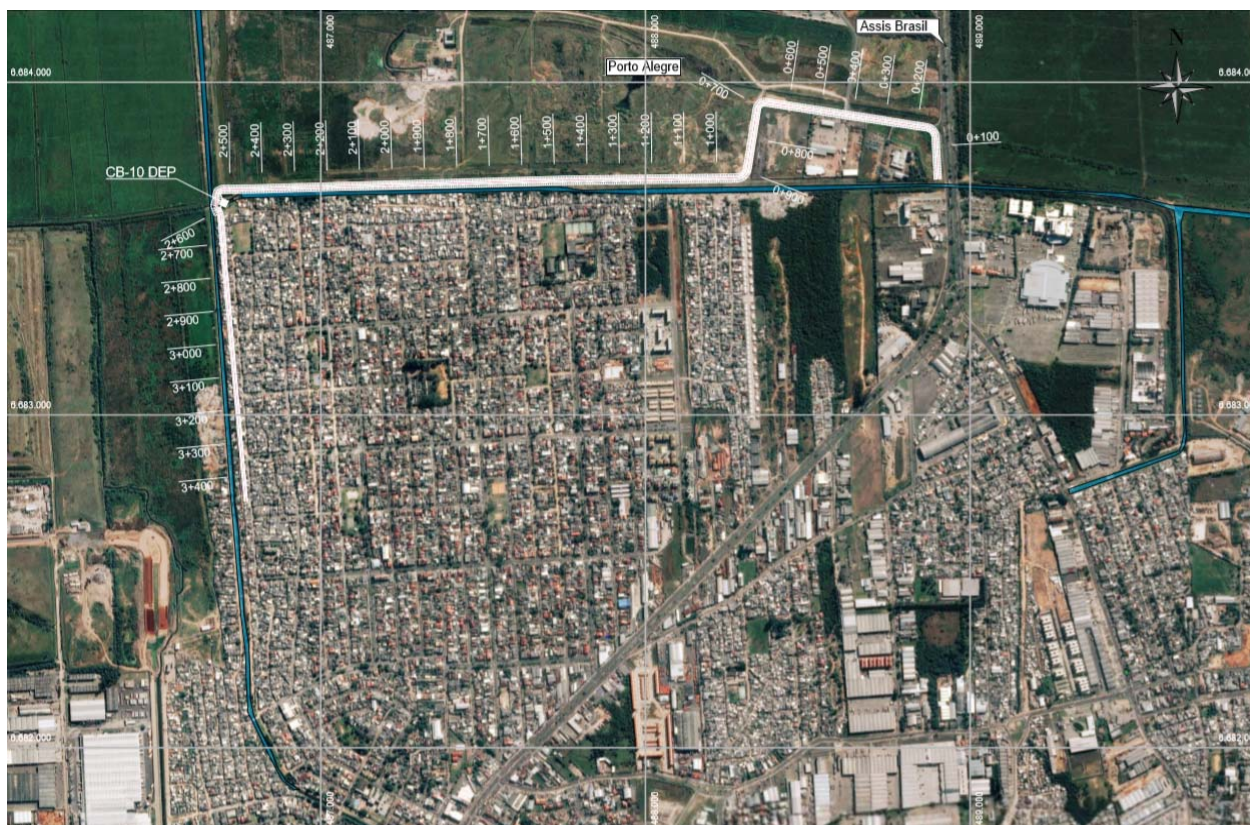
O problema a ser resolvido nessa região é causado pelas cheias do Rio Gravataí na margem esquerda.

A Figura 45 apresenta a localização das estruturas. A solução proposta consiste na elevação de um novo dique protegendo o Bairro Sarandi, exposto aos eventos de cheias na Zona Norte de Porto Alegre a Oeste da Av. Assis Brasil na cota 6,5 m.

O sistema de proteção é também complementado por uma casa de bombas na região mais ao Norte do novo dique junto à Av. Assis Brasil.

O novo dique proposto inicia na estrutura da ponte da Av. Assis Brasil sobre um canal de drenagem à qual as obras de terra deverão fazer o encontro estrutural.

A Estação de Bombeamento já existe e está em fase de projeto e orçamento de melhorias pelo DEP de Porto Alegre. A CB-10 irá possuir quatro bombas, duas de 250 CV e duas de 300 CV.



*Figura 45 - Dique proposto no Bairro Sarandi em Porto Alegre e sistema de bombeamento
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí*

- **Dique de Proteção Cachoeirinha**

- o **Localização e caracterização do problema**

A área em questão localiza-se na região sul/sudoeste do município de Cachoeirinha, onde margeia o Rio Gravataí, com obras a leste e oeste da Av. Gen. Flores da Cunha.

O problema a ser resolvido nessa região é causado pelas cheias do Rio Gravataí em sua margem direita.

A Figura 46 apresenta a localização das estruturas. A solução proposta consiste na elevação de um novo dique a oeste da Av. General Flores da Cunha na cota 6,5 m e na elevação em 0,5 m do dique existente a leste da mesma avenida.

O sistema de proteção parcialmente existente é também complementado por uma casa de bombas na região mais ao Sul do novo dique a Oeste da avenida.

O novo dique proposto inicia na estrutura da ponte da Avenida General Flores da Cunha sobre o Rio Gravataí à qual as obras de terra deverão fazer o encontro estrutural.

A Estação de Bombeamento deverá possuir quatro bombas de 116 CV mais uma reserva ([4+1R] * 116 CV).

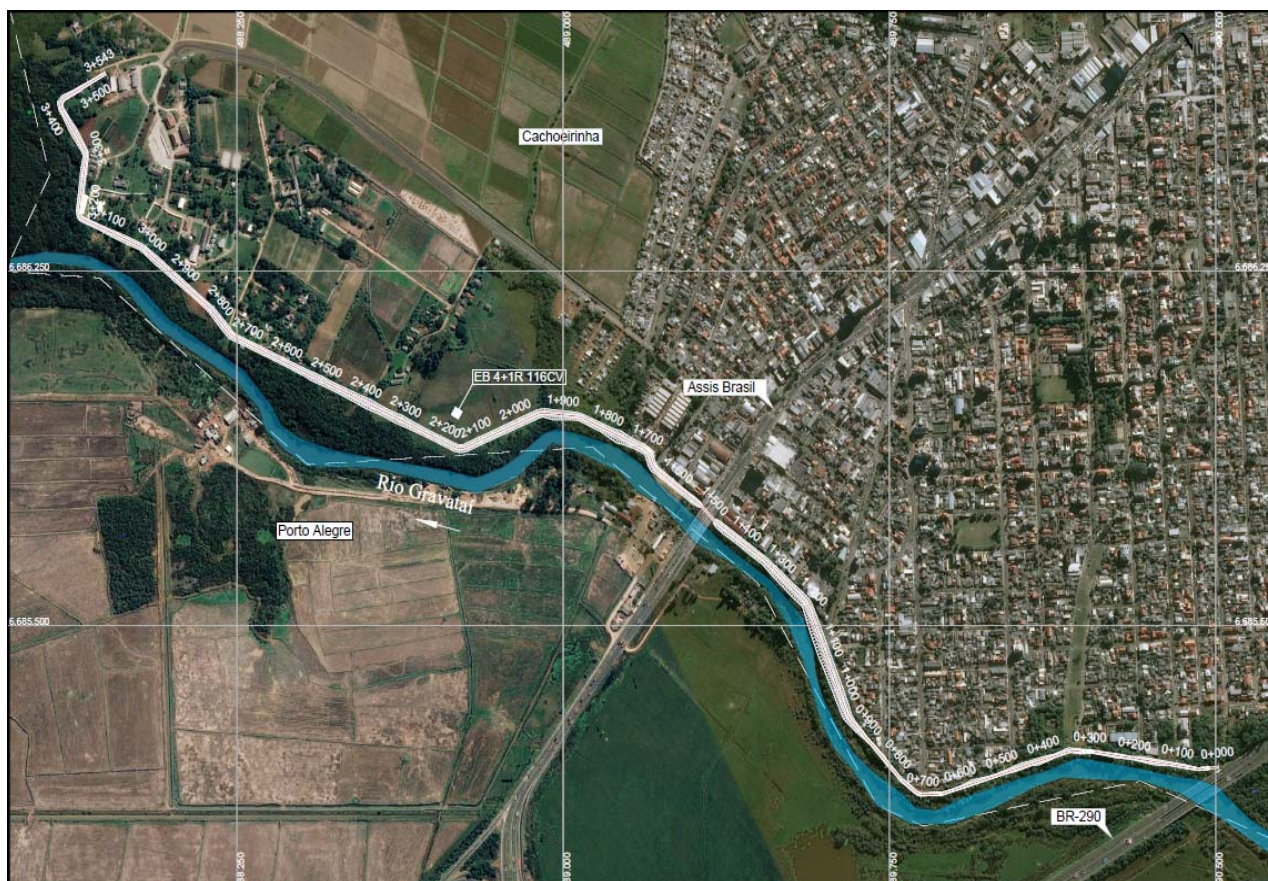


Figura 46 - Dique proposto em Cachoeirinha e sistema de bombeamento.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

- **Dique de Proteção Gravataí - Bairro Caça e Pesca**

- o **Localização e caracterização do problema**

A área em questão localiza-se ao sul do município de Gravataí no Bairro Caça e Pesca que se encontra na margem direita do Rio Gravataí. O problema a ser resolvido nessa região é causado pelas cheias do Rio Gravataí na margem direita.

A Figura 47 apresenta a localização das estruturas. A solução proposta consiste na elevação de um novo dique protegendo o lado oeste do Bairro Sarandi, exposto aos eventos de cheias na no Bairro Caça e Pesca de Gravataí na cota 7,1 m.

O sistema de proteção é também complementado por uma casa de bombas na região a Noroeste do novo dique.

A Estação de Bombeamento deverá possuir duas bombas de 88 CV mais uma reserva $([2+1R] * 88 \text{ CV})$.



Figura 47 - Dique proposto no Bairro Caça e Pesca em Gravataí e sistema de bombeamento
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

- **Análise hidráulica das alternativa de intervenção**

As soluções propostas em cada um dos locais indicados consistem na elevação de diques protegendo as áreas expostas aos eventos de cheias até a cota de segurança, superior ao TR 100 anos.

Os sistemas de proteção devem também ser complementados por casas de bombas para a drenagem interna das áreas durante os eventos de cheias.

- **Análise geotécnica e seção-tipo das obras propostas**

A seção-tipo das obras de terra é feita toda em material importado de jazida (solo argiloso compactado), com 4,0 m de coroamento e taludes laterais 1 V : 2 H.

É previsto também uma trincheira de vedação (cut-off central) com 1,0 m de profundidade, taludes 1 V : 1 H e 2,0 m de largura no fundo. A seção-tipo de referência das obras encontra-se na Figura 48.

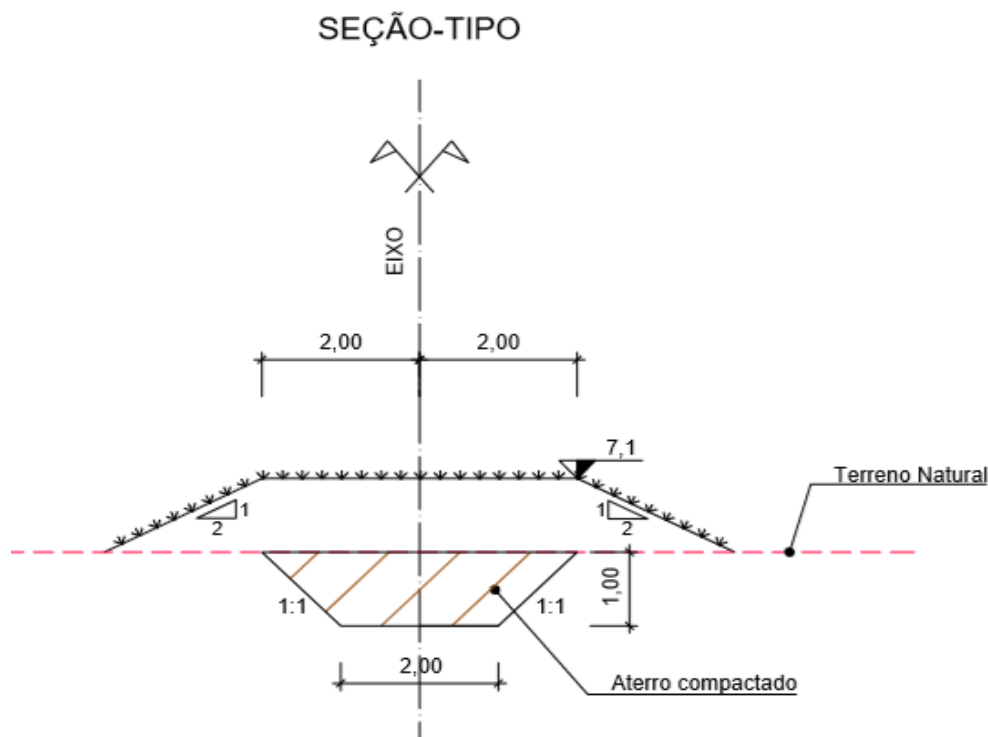


Figura 48 - Seção-tipo dos diques propostos na bacia.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

• Métodos construtivos e quantitativos

A seguir são apresentados os métodos construtivos das obras de terra dos diques.

o **Construção das trincheiras centrais de vedação (cut-off)**

O dique novo terá uma trincheira central de vedação, no caso dos novos diques, com 1,0 m de profundidade 2,0 m de base, com taludes com inclinação 1 V : 1 H. A execução desta trincheira central deverá ser anterior à execução do aterro em argila importada que irá compor o maciço do dique. A compactação dos solos provenientes de jazida deverá ser feita no ramo úmido do Proctor Normal, com grau de compactação de 95%, de forma que os aterros compactados possam acompanhar satisfatoriamente as deformações por adensamento das fundações.

Quando proposta a elevação de diques já existentes, não é necessário tal método construtivo, uma vez que as fundações da estrutura já foram executadas.

o **Construção dos diques de vedação**

Após a limpeza do terreno, o dique de proteção de cheias será elevado até a cota prevista em solo compactado, com taludes laterais de 1,0 V : 2,0 H e largura de coroamento de 4,0 m.

Estes solos serão compactados no ramo úmido do Proctor Normal, com grau de compactação de 95%, de forma que as obras de terra possam acompanhar satisfatoriamente as deformações posteriores por adensamento das fundações.

Devido às baixas velocidades de fluxo, assim como ao reduzido tempo de permanência do nível de água elevado, o dique em solo compactado não terá revestimento em enrocamento.

o **Hidrossemeadura**

Realização da regularização da superfície, incorporação de fertilizantes e corretivos (calcário dolomítico) lançado em toda a área do talude. Preparo da solução no caminhão pipa espargidor. Seleção das sementes de acordo com projeto executivo. Incorporação de adesivo hidro asfalto e “mulch”, constituído de serragem de madeira e palha de arroz. A aplicação da solução deve ser continuamente agitada durante a operação e distribuída homogeneamente em toda a superfície.

Irrigação durante 5 dias consecutivos, caso o processo se dê em época seca do ano. Manutenção por adubação após 6 meses da semeadura.

✓ **Zoneamento de Áreas Inundáveis**

Conforme descrito anteriormente, o **Zoneamento de Áreas Inundáveis** é a definição de um conjunto de regras para a ocupação de áreas de risco de inundação, visando à minimização de perdas materiais e humanas decorrentes de inundações. O Zoneamento deve ser baseado em uma avaliação objetiva da adequação do uso do solo, risco de cheias, aspectos ambientais, sociais, econômicas e administrativas.

• **Delimitação da Planície de Inundação:**

De forma análoga ao **Cenário 1**, a determinação da *planície de inundação para efeitos de zoneamento* é efetuada em função do risco de ocorrência de inundações. Tradicionalmente, a planície de inundação, à qual serão estabelecidas as regras de ocupação referentes ao zoneamento, é associada à área delimitada pela cota de inundação da cheia com TR = 100 anos.

A partir da delimitação da **Planície de Inundação** (definida, para efeitos de zoneamento, como sendo a área delimitada pela cota de inundação da cheia com TR = 100 anos), o Zoneamento de Inundações contempla a elaboração do mapeamento de inundações, com definição das três zonas de risco já apresentadas (Zona de Passagem de Cheias, Zona com Restrições de Ocupação e Zona de Baixo Risco). Diferentemente do **Cenário 1**, a Planície de Inundação é alterada de forma artificial através da implantação de diques, modificando também a Zona de Passagem de Cheias e demais zonas.

• **Metodologia para definição da Zona de Passagem de Cheias, da Zona com Restrições de Ocupação e da Zona de Baixo Risco:**

Conforme as definições apresentadas, a **Zona de Passagem de Cheias** deve ser capaz de conduzir o escoamento da cheia de TR = 100 anos, de forma a não provocar impactos significativos, nem a montante nem a jusante. Em consequência, a **Zona com Restrições de Ocupação** (ou seja, o restante da Planície de Inundação) não deve prover contribuições importantes ao escoamento. A **Zona de Baixo Risco** será composta pelas áreas urbanas externas à da planície de inundação.

Para delimitar estas áreas, busca-se definir a **Zona de Passagem de Cheias** de forma a garantir que a elevação do seu nível d'água esteja dentro de valores aceitáveis mesmo se houver ocupação da **Zona com Restrições**. Nos Estados Unidos (FEMA, 1992; FEMA, 2004), a máxima elevação permitida no nível d'água é de 1 pé (30,45 cm).

A metodologia na delimitação das zonas no **Cenário 2** se distingue da metodologia no **Cenário 1**, uma vez que avalia os impactos da construção de diques de proteção em regiões **já consolidadas** e expostas ao risco, podendo estar na **Zona de Passagem de Cheias** ou em **Zonas com Restrições de Ocupação**.

Enquanto isso, no **Cenário 1** se avaliou os impactos da ocupação **futura** em áreas de expansão localizadas nas **Zonas com Restrições de Ocupação**.

Portanto, o **Cenário 2**, altera as condições atuais do escoamento na Planície de Inundação de forma corretiva, protegendo as populações já expostas ao risco.

É de certa forma, um Cenário mais intensivo e pontual por ter soluções estruturantes e, portanto, as possíveis externalidades devem ser avaliadas.

No presente cenário, define-se a máxima elevação no nível d'água também como sendo 30 cm. Visando avaliar o efeito da implantação dos diques nas **Zonas com Restrições e/ou de Passagem de Cheias**, segue-se o seguinte procedimento:

- a) efetua-se simulação do sistema para a cheia de TR = 100 anos, considerando a condição atual da **Planície de Inundação** e determina-se o nível d'água e velocidades;
- b) efetua-se uma delimitação preliminar da **Zona de Passagem de Cheias**. Os critérios para esta delimitação preliminar podem variar. No presente estudo, a primeira estimativa da Zona de Passagem de Cheias inclui as áreas inundadas para a cheia de TR = 5 anos, acrescida das áreas atingidas pela cheia de TR = 10 anos onde:
 - a profundidade da lâmina d'água supera 50 cm ($h > 50\text{cm}$); ou
 - a profundidade da lâmina d'água está entre 25 cm e 50 cm e a velocidade de escoamento é maior que 1,0 m/s ($25\text{ cm} \leq h \leq 50\text{ cm}$ e $v > 1,0\text{ m/s}$); ou
- c) supõe-se a implantação de diques de proteção nas áreas hoje vulneráveis às cheias, podendo estar localizados não só na **Zona com Restrições de Ocupação**, mas também na **Zona de Passagem de Cheias**;
- d) efetua-se nova simulação do sistema para a cheia de TR = 100 anos, determinando-se o novo nível d'água na **Zona de Passagem de Cheias**;
- e) a delimitação efetuada para a **Zona de Passagem de Cheias** será adotada se a elevação no nível d'água for igual ou inferior a 30 cm e se não houver impacto importante em áreas com ocupação já consolidada. Em caso contrário, o processo deve ser repetido com a readequação dos diques propostos, até serem cumpridas todas as condições.

A Figura 49 mostra a seção transversal do curso d'água sem obstruções.

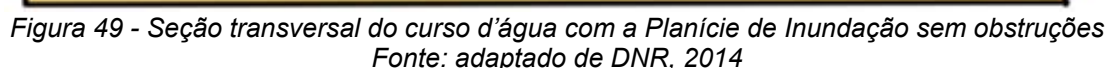


Figura 50 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação com diques
Fonte: adaptado de DNR, 2014

As áreas de expansão urbana utilizadas no **Cenário 2** foram definidas com base nos planos diretores de todos os municípios inseridos na bacia do Rio Gravataí.

Assim como no **Cenário 1**, os Planos Diretores utilizados, em sua versão e ano de publicação, são os apresentados no levantamento da base de dados realizado nesse estudo (Produto 5).

O **Cenário 2** contemplou as áreas de expansão localizadas dentro da mancha TR 100 do **Cenário 0**, de forma a readequar os diques de proteção, não só para proteger as áreas já ocupadas, mas também determinadas regiões onde é prevista a expansão urbana.

Nem todos os municípios apresentaram áreas de expansão dentro da mancha do **Cenário 0**. Os municípios que apresentaram áreas de expansão dentro do TR 100 foram: Porto Alegre, Cachoeirinha e Gravataí.

A modelagem numérica detalhada foi utilizada para delimitar a Planície de Inundação, bem como para avaliar os efeitos de se proteger áreas já ocupadas em Zonas com Restrição de Ocupação ou até mesmo de Passagem de Cheias.

Conforme descrito no Relatório Técnico referente ao PRODUTO 10 - Estudos Hidrológicos, a plataforma HEC (*Hydrologic Engineering Center*), desenvolvida pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (*U.S. Army Corps of Engineers*), foi utilizada para simulação do comportamento da bacia quando sujeita a chuvas de diferentes tempos de retorno, adotando o módulo hidrológico HEC-HMS em conjunto com o modelo com o módulo hidráulico HEC-RAS.

O processo de transformação chuva-vazão foi efetuado por meio da técnica do hidrograma unitário, utilizando o método SCS-CN.

• Resultados

Os resultados da metodologia proposta acima são apresentados em forma de mapas de zoneamento para cada região. Tal Produto servirá como subsídio para que as prefeituras elaborem o zoneamento urbano de seus municípios seguindo as diretrizes de ocupação propostas.

Foram quantificadas as edificações a serem desapropriadas que se localizam dentro das zonas de passagem de cheias.

O Quadro 44 apresenta os quantitativos sem distinção das edificações quanto ao número de pavimentos, tipo de uso (residencial, comercial ou industrial) e se é privado ou público.

As zonas classificadas como de ocupação restrita que já possuem áreas consolidadas também tiveram as edificações quantificadas e são apresentadas no Quadro 45.

Destaca-se a diminuição no número de edificações atingidas quando comparado ao **Cenário 0**, em que nenhuma medida é implementada.

No Produto 13, que se refere à Viabilidade das Alternativas, é quantificado os prejuízos **remanescentes** a essas edificações que continuarão a conviver com cheias.

Quadro 44 - Quantificação das áreas a serem desapropriadas nas zonas de passagem de cheias

MUNICÍPIO	ÁREA (M²)	NÚMERO DE EDIFICAÇÕES
MANCHA DO Rio Gravataí		
Alvorada	15.725	35
Cachoeirinha	1.340	25
Canoas	0	0
Gravataí	8.536	88
Porto Alegre	0	0
Total	25.601	148

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Vale lembrar que as edificações que continuarão a conviver com as cheias, tem uma exposição muito menor que edificações mais próximas à calha do rio, portanto, o tempo de recorrência e o nível de ameaça são reduzidos quando comparado às edificações a serem desapropriadas que se encontravam na calha principal com níveis de risco mais altos.

Quadro 45 - Áreas de convivência de cheias já consolidadas na zona com restrições.

MUNICÍPIO	ÁREA (M²)	NÚMERO DE EDIFICAÇÕES
MANCHA DO Rio Gravataí		
Alvorada	6.873	22
Cachoeirinha	1.021	10
Canoas	159.964	6
Gravataí	28.620	197
Porto Alegre	489.366	13
Total - Rio Gravataí	685.844	248

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

A Figura 51 apresenta as diferenças de elevação no nível d'água entre os cenários 0 e 2, sendo possível perceber que a diferença ficou abaixo dos 30 cm adotados como elevação máxima permitida no TR 100, mesmo com a execução dos diques de proteção.

No Produto 12 são apresentados os mapas em escala apropriada para a avaliação dos incrementos de lâmina e área da cheia de TR 100.

A Figura 52 apresenta o zoneamento do Baixo e Médio Gravataí de forma a ilustrar os resultados obtidos.

Os produtos efetivamente aplicáveis como ferramentas de gestão são apresentados no Produto 12, em formato condizente (formato A1) e em escala apropriada (1:10.000).

Fazem parte da entrega deste PRODUTO, o Geodatabase (.gdb) com o zoneamento em formato digital vetorizado e editável.

✓ Estimativas dos Custos de Implantação, Operação e Manutenção das Intervenções C2

Os custos foram apresentados sem a inclusão da composição do BDI nos quadros específicos, sendo tal elemento incorporado Quadro 47 - Custo Total das Intervenções - C2.

Conforme o Decreto Nº 19.224 de 25 de novembro de 2015 foi considerado BDI conforme o tipo de obra ou serviço: 28,21% os serviços de INFRAESTRUTURA, incluindo pavimentação, iluminação pública, praças, saneamento, sistemas de água, esgoto cloacal e pluvial e seus respectivos serviços de conservação e manutenção; 19,35 % BDI diferenciado para fornecimento de materiais; 15,38% para projetos e serviços de apoio técnico de engenharia.

O estudo para levantamento dos custos de desapropriação é normatizado pela ABNT NBR 14653-1:2001 como uma análise técnica, realizada por engenheiro de avaliações, que serve para subsidiar tomadas de decisões a respeito do valor de um bem, de seus custos, frutos e direitos, assim como determinar indicadores da viabilidade de sua utilização econômica para determinada finalidade, situação e data.

• Metodologia

O **Cenário 2** foi desenvolvido, assim como o **Cenário 1**, com base no Método comparativo direto de dados de mercado.

Considerado o método mais utilizado na avaliação de imóveis urbanos (THOFEHRN, 2010). Detalhes descritivos da metodologia empregada podem ser encontrados no capítulo 3.8.9, referente a estimativa do **Cenário 1**.

Assim como o **Cenário 1**, para o presente orçamento e previsão de custos, foi utilizada a data base de janeiro/2018.

• Orçamento de Desapropriação e Convivência com Cheias no Zoneamento do Cenário 2

No Quadro 46 abaixo consta o orçamento (i) da desapropriação da zona de passagem de cheias no **Cenário 2**; (ii) das demolições das edificações a serem desapropriadas; (iii) da revitalização das áreas desapropriadas com a implantação de parques lineares; e (iv) da avaliação dos imóveis a serem desapropriados.

Quadro 46 - Custo total do zoneamento, desapropriação e revitalização das áreas no **Cenário 2**

Item	Descrição	Valor (sem BDI)
1	Zoneamento com desapropriações	R\$ 37.167.712,53
1.1	Desapropriações	R\$ 34.473.263,57
1.2	Avaliação dos Imóveis (1%)	R\$ 344.732,64
1.3	Demolições e Transporte até 30 km	R\$ 868.993,34
1.4	Parque Linear	R\$ 1.480.722,98

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

✓ Orçamento das Obras de Elevação dos Diques

O orçamento das obras de elevação dos diques propostos se encontra detalhado no Produto 12. No Quadro 47 é apresentado um resumo de todos os custos relativos às alternativas apresentadas no **Cenário 2**, incluindo os custos com BDI.

Quadro 47 - Custo Total das Intervenções - C2

Item	Descrição	Valor sem BDI (R\$)	Valor dos serviços com BDI 28,21% (R\$)	Valor do fornecimento de materiais ou diferenciados com BDI 19,35% (R\$)	Valor dos itens relativo a projetos e serviços de apoio técnico com BDI 15,38% (R\$)	Valor TOTAL com BDI (R\$)
1	Zoneamento com desapropriações					R\$ 44.547.530,75
1.1	Desapropriações	34.473.263,57		41.143.840,07		41.143.840,07
1.2	Avaliação dos Imóveis (1%)	344.732,64			397.752,52	397.752,52
1.3	Demolições e Transporte até 30 km	868.993,34	1.114.136,36			1.114.136,36
1.4	Parque Linear	1.480.722,98	1.832.150,24		59.651,57	1.891.801,81
2	Banhado Grande					R\$ 5.489.932,01
2	Minibarramentos Banhado	4.296.997,94	5.316.825,58		173.106,43	5.489.932,01
3	Diques na Bacia					R\$ 224.621.182,84
3.1	Dique em Porto Alegre - Vila Dique	5.682.071,65	7.032.917,58		226.842,14	7.259.759,72
3.2	Dique em Porto Alegre Oeste - Sarandi	56.348.345,70	48.297.339,47	19.965.050,51	2.249.563,25	70.511.953,23
3.3	Dique em Porto Alegre Leste - Sarandi	46.069.007,59	33.535.127,08	21.863.221,12	1.839.187,03	57.237.535,23
3.4	Dique em Cachoeirinha	26.282.478,33	20.431.421,99	11.263.273,37	1.049.260,57	32.743.955,94
3.5	Dique em Gravataí	46.650.613,05	18.154.214,70	36.851.357,88	1.862.406,14	56.867.978,72
4	Sistema de Monitoramento					R\$ 525.661,00
4.1	Melhoria da rede	410.000,00	525.661,00			525.661,00
TOTAL		222.907.226,78	136.239.794,01	131.086.742,96	7.857.769,64	275.184.306,60

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.8.11 Estiagens - Alternativa Única - Política de Gestão dos Recursos Hídricos

No caso da Bacia do Gravataí, na situação atual observa-se forte impacto das atividades agrícolas sobre a disponibilidade hídrica, com frequente escassez de recursos para abastecimento público. Tais impactos são causados pela má gestão do recurso na bacia, que apresenta deficiências na fiscalização das captações e no cadastro de outorgas para irrigação de áreas agrícolas.

Apesar da situação no cenário atual se apresentar desregulada, sem observância ao atendimento dos dispositivos regulatórios, que priorizam o abastecimento público e a dessedentação animal, optou-se por realizar as simulações de balanço hídrico da bacia num cenário **de acordo com a legislação**.

Dessa forma, foi possível avaliar um cenário regulado, apresentando as falhas de atendimento público independentemente dos conflitos na bacia e avaliar os impactos que os efeitos da estiagem causam às demandas prioritárias.

Tais simulações foram realizadas no **Cenário 0**, sem nenhuma intervenção e no **Cenário 1 e 2**, com a **implantação das obras no Banhado Grande**.

Na avaliação do atendimento às demandas, nos cenários 1 e 2 buscou-se avaliar quais são os efeitos da variação da vazão máxima outorgável no abastecimento público. Variou-se o percentual outorgado da vazão de referência de 40% a 70% da $Q_{90\%}$ e da $Q_{85\%}$ (conforme preconizado pelo Plano de Bacia).

✓ Disponibilidade Hídrica - Vazões de Referência

Para caracterizar as condições de garantia de água em um determinado manancial é comumente utilizado o instrumento de vazão de referência. As vazões mínimas aplicadas como vazões de referência são vazões de elevada permanência no tempo, calculadas de forma estatística a partir de séries de vazões observadas ou simuladas.

Os critérios para determinação de vazões mínimas mais utilizados são as vazões $Q_{90\%}$ ou $Q_{95\%}$ que representam, respectivamente, as vazões que são superadas 90% ou 95% do tempo em certo trecho do manancial.

A definição da vazão de referência a ser aplicada depende da garantia de atendimento que se deseja considerar para os usos a serem instalados em determinada bacia.

A resolução do CONAMA 357/2005 estabelece os critérios de classificação dos rios para enquadramento para uma vazão de referência.

A partir desta vazão é definida a vazão máxima outorgável, ou seja, a máxima vazão que pode ser retirada de certo trecho de rio em um determinado instante.

Os valores listados estão ordenados de acordo com a exigência sobre os recursos hídricos, de mais exigentes aos menos exigentes (menor vazão remanescente a maior vazão remanescente).

Segundo a Resolução CRH nº 141 de 2014, que institui o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul, fica estabelecido que a vazão de referência para orientar a outorga de direitos de uso de recursos hídricos deve ser definida pelo DRH/SEMA-RS.

Já o Decreto 37.033 de 1996 estabelecia que:

Art. 7º - Os parâmetros técnicos necessários para orientar as outorgas serão definidos pelo DRH, no sentido de compatibilizar demandas e disponibilidades de água.

Parágrafo 1º - Os planos de Bacia Hidrográfica estabelecerão os valores referentes aos parâmetros técnicos mencionados no "caput", específicos para cada Bacia, a serem observados na outorga.

Parágrafo 2º - Enquanto não estiver estabelecido o Plano de uma Bacia Hidrográfica, o DRH definirá esses valores.

Portanto, a responsabilidade pela definição de tais valores referenciais é do DRH/SEMA-RS e/ou dos Planos de Bacia.

Dado que a vazão de referência é uma vazão com alta probabilidade de ocorrência e utilizada como base para a definição da vazão remanescente ou ecológica, que por sua vez é a vazão para a manutenção das condições hídricas necessárias à manutenção das condições da vida associada ao ambiente aquático na bacia, sendo determinada como um percentual da vazão de referência, por subtração, o restante é a vazão disponível máxima outorgável da rede hidrográfica.

Dessa forma, pode-se depreender que quanto maior é o objetivo pela manutenção da vida associada ao ambiente aquático, menor é o objetivo pela garantia de água para os usos consuntivos.

Nesse aspecto o Plano da Bacia do Rio Gravataí não torna claro quais são as vazões remanescente e máxima outorgável.

O Plano de Bacia, ao realizar as simulações para o enquadramento e ao definir as classes de qualidade da água almejadas, define que a vazão de referência a ser utilizada é a $Q_{85\%}$. No entanto, não deixa claro o percentual a ser destinado à manutenção dos ecossistemas, e o percentual a ser destinado aos usos consuntivos.

O que se pode concluir é que para o enquadramento das águas nas classes almejadas no prognóstico, é necessária a manutenção de 100% da $Q_{85\%}$. Caso essa interpretação esteja correta, significa que não é permitida a captação de águas na bacia para usos consuntivos.

Além disso, a vazão referencial utilizada é uma vazão não usual, e que implica no não atendimento das demandas em 15% do tempo em média, valor relativamente alto. A Resolução nº 113/2012 *aprova o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí*, estabelecendo a vazão de referência:

Art. 3º - O Cenário de Enquadramento foi estabelecido para a vazão de referência, denominada $Q_{85\%}$, isto é, a vazão que é igualada ou superada em oitenta e cinco por cento do tempo.

Por outro lado, o DRH/SEMA-RS também não apresentava nenhuma informação a respeito de tais vazões. Recentemente, durante a elaboração desse estudo, foram publicadas em seu site as informações sobre os critérios de outorga vigentes para cada bacia hidrográfica do estado.

No entanto, tal publicação destaca que o percentual máximo outorgável não foi definido pelo Comitê da Bacia Hidrográfica, e por isso, aplicou o critério do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH-RS), instituído pela Resolução CRH nº 141/2014. O Quadro 48 apresenta de forma adaptada (somente informações da bacia do Rio Gravataí) as informações disponibilizadas pelo DRH/SEMA em seu site.

Quadro 48 - Informações sobre os critérios de outorga vigentes para a bacia do Rio Gravataí

BACIA		DIRETRIZES DE OUTORGA		DOCUMENTO QUE INFORMA OS CRITÉRIOS DE OUTORGA
Cód.	Nome	Padrão de Vazão de Referência	% máximo outorgável	
G010	Gravataí	Q85%	50%*	Resolução CRH nº 113/2012

*Dados não definidos pelo Comitê de Bacia Hidrográfica, portanto se aplica o critério do Plano Estadual de Recursos Hídricos (Resolução CRH nº 141/2014).

Fonte: adaptado de SEMA/RS, 2018

Cabe destacar que o fato de se aplicar arbitrariamente um percentual outorgável genérico definido pelo PERH-RS à vazão de referência definida pelo Plano de Bacia (Q_{85%}) e que não é coincidente à utilizada pelo PERH-RS (Q_{90%}) descaracteriza qualquer estudo realizado dentro do Plano de Bacia para as metas de enquadramento visadas pelo comitê.

A combinação de tais critérios se torna incoerente, uma vez que impactam diretamente na vazão remanescente e na vazão máxima outorgável na bacia. Dessa forma, não se tem confiança no atendimento nem às demandas ambientais, nem ao abastecimento público de forma eficiente.

Portanto, propõe-se que o Plano de Bacia seja revisado, considerando os usos consuntivos na bacia para que se adequem da melhor forma as demandas ambientais e consuntivas.

Na bacia do Rio Gravataí, além da Resolução nº 113/2012 que aprova o enquadramento, existem apenas resoluções que regem a operação dos sistemas de captação para irrigação.

A Resolução SEMA nº 177 de 2015 aprova o acordo sobre as retiradas de água da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, tornando intermitente ou descontinuada a captação para irrigação dependendo dos níveis do rio. Já a Resolução SEMA nº 203 de 2016 que também aprova o acordo sobre as retiradas de água da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, altera alguns dos critérios da resolução anterior.

Diante desse cenário, em que não há uma definição oficial de tais vazões, muito menos de um hidrograma ecológico, nas simulações de balanço hídrico e verificação do não atendimento às demandas, **optou-se por realizar uma análise de sensibilidade, variando o percentual máximo outorgável das vazões de referência Q_{90%} e Q_{85%}, avaliando o déficit no abastecimento público para cada cenário.**

No futuro, uma vez definida a vazão remanescente, e consequentemente a vazão máxima outorgável **de acordo com as especificidades da bacia (e não um valor genérico definido pelo PERH-RS)**, já se terá disponível nesse estudo a estimativa de déficit nas captações para o abastecimento público para tal percentual outorgável.

Portanto, nos Cenários regulados 1 e 2 buscou-se realizar as simulações adotando os percentuais 40%, 50%, 60%, 65% e 70% da $Q_{90\%}$ e da $Q_{85\%}$ como vazão máxima outorgável na Bacia do Rio Gravataí.

Entende-se que a escolha por um desses percentuais no presente momento seria uma decisão arbitrária, o que pode influenciar os impactos que a falta de água geraria tanto às demandas ambientais quanto às de abastecimento público.

Reitera-se a necessidade de revisão do Plano de Bacia do Rio Gravataí para que seja feita uma revisão específica dessa questão, definindo de forma mais clara quais são as vazões remanescente e máxima outorgável.

A partir de estudos mais detalhados quanto à demanda ambiental se poderá otimizar os usos dos recursos hídricos na bacia.

Os Cenários regulados 1 e 2, com a análise da falha de atendimento para cada percentual outorgado das vazões de referência, permite avaliar a variação do prejuízo remanescente que mesmo um cenário regulado (atendendo as demandas prioritárias) pode sofrer dependendo do valor outorgado.

Além disso, indica que além da regulação e fiscalização efetiva, é possível mitigar praticamente todos os problemas dos eventos de estiagem com o desenvolvimento de estudos mais detalhados das demandas ambientais.

✓ **Estimativas de Demanda**

A estimativa de demandas atuais e futuras foi efetuada a partir das informações apresentadas no Relatório Técnico referente ao Produto 10 e no Produto 12 quando se leva em consideração projeções de demandas para irrigação, abastecimento público, criação animal, usos industriais e vazão de retorno.

✓ **Metodologia das simulações**

Conforme já exposto no Produto 10, as séries hidrológicas obtidas no modelo foram estendidas a partir de um método de reamostragem (*bootstrapping*) de 50 anos para 300 anos, observando-se a distribuição estatística mensal.

No **Cenário 1** e 2 foram inseridos nas simulações os minis barramentos que tem como objetivo principal **a recuperação das áreas degradadas na região do Banhado Grande**. No entanto, buscaram-se avaliar quais seriam as consequências da implantação de tais obras na regularização das vazões em épocas de estiagem.

Observou-se um pequeno incremento na garantia de atendimento nos pontos de captação analisados a jusante das obras quando comparada a inserção da obra no cenário em que se tem como vazão máxima outorgável 50% da $Q_{90\%}$.

No Quadro 49 é apresentado o resumo dos resultados das simulações com os déficits de atendimento ao abastecimento público no **Cenário 0** e no **Cenário 1** e 2 com obras.

Quadro 49 - Déficit de atendimento ao abastecimento público.

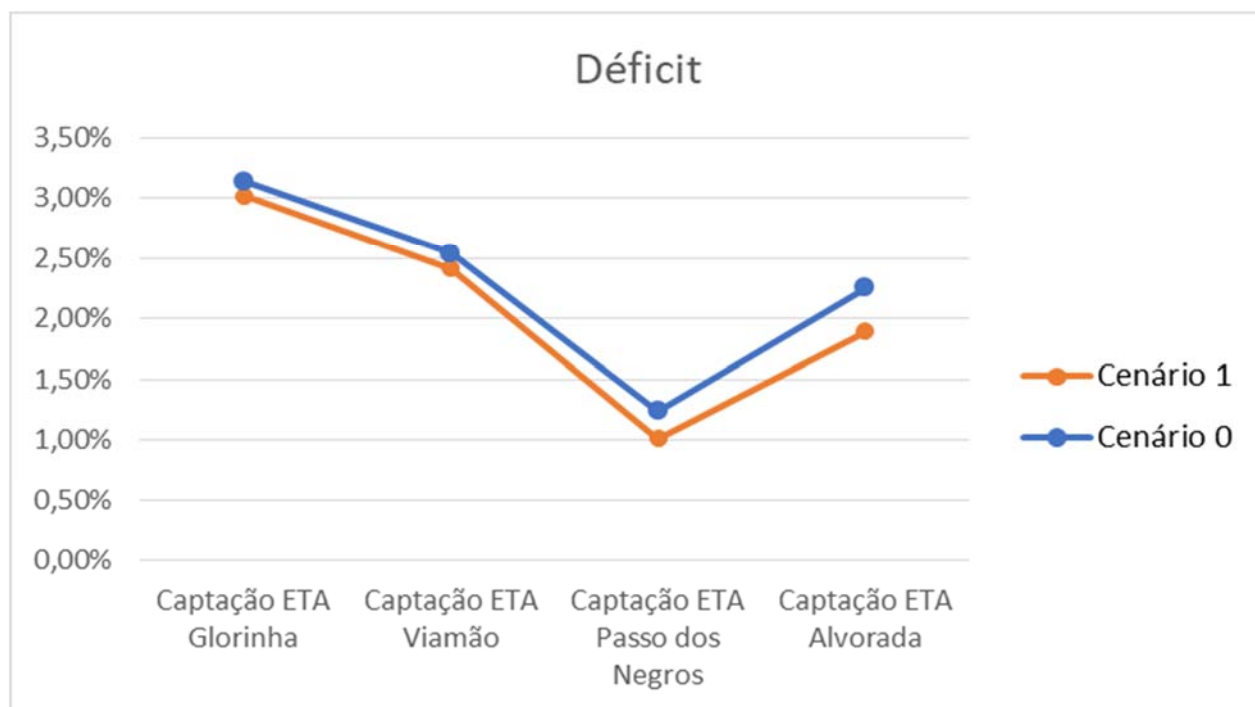
CAPTAÇÃO	VAZÃO CAPTADA (m³/s)	Cenário 0 (50% Q _{90%})		Cenário 1 e 2 (50% Q _{90%})	
		Déficit	Déficit Volume (m³/ano)	Déficit	Déficit Volume (m³/ano)
Captação ETA Glorinha	0,01	3,14%	14.051,53	3,02%	13.494,87
Captação ETA Viamão	0,41	2,54%	324.657,64	2,41%	308.044,53
Captação ETA Passo dos Negros	0,11	1,24%	44.303,45	1,02%	36.313,77
Captação ETA Alvorada	1,32	2,25%	933.516,95	1,89%	785.839,81

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Nota-se que houve um aumento na garantia média em termos de volume por ano de 13% nas captações em geral. Apesar de pequeno, pode-se observar um aumento de garantia, que uma vez transformado em benefícios econômicos, se torna favorável à economia da região.

Se transformado o incremento de volume do **Cenário 0** para o Cenário com obras (1 e 2) em habitante atendido (144 l/hab/dia) chega-se ao valor de 3.288 habitantes/ano.

Na Figura 53 é apresentado o “déficit” médio anual nas captações dentro da bacia considerando um aumento nas demandas de abastecimento público no horizonte de projeto sem intervenções (**Cenário 0**) e com a implantação das obras no banhado (**Cenário 1 e 2**).



*Figura 53 - Déficit médio anual nas captações dentro da Bacia **Cenário 0 e 1***

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Na captação da ETA Glorinha, onde houve o maior déficit, pode-se reinterpretar a diminuição no déficit médio anual de 3,14% para 3,02% (0,12%) do tempo como 0,5 dias do ano em que a demanda de abastecimento passa a ser **plenamente** atendida. Esse valor é um valor médio anual, portanto, ocorrem situações em que a escassez é mais crítica.

É evidente que para que se assegure a disponibilidade hídrica para o abastecimento público, não basta a implantação de tais obras que têm como foco principal a revitalização das áreas degradadas.

• **Análise de sensibilidade da vazão máxima outorgada e o abastecimento público**

Como diferencial em relação ao **Cenário 0**, nos Cenários 1 e 2, além de inseridos nas simulações os minis barramentos, variou-se a vazão máxima outorgável e a vazão de referência. Buscou-se avaliar quais seriam as consequências de uma melhor definição das vazões máxima outorgável e de referência.

Observaram-se incrementos na garantia de atendimento nos pontos de captação analisados com o aumento da vazão outorgável conforme esperado.

No Quadro 50 é apresentado o resumo dos resultados das simulações com os déficits de atendimento ao abastecimento público em termos percentuais. Já no Quadro 51 é apresentado o resumo dos resultados das simulações com os déficits de atendimento ao abastecimento público no em termos de volumes.

Quadro 50 - Percentual de atendimento ao abastecimento público - Q_{90%} e Q_{85%}.

% Máximo outorgável da vazão de referência	FALHA DE ATENDIMENTO (Déficit Percentual - %/ano)							
	ETA Glorinha		ETA Fiúza (Viamão)		Captação Passo dos Negros		Captação Alvorada	
	Q90%	Q85%	Q90%	Q85%	Q90%	Q85%	Q90%	Q85%
40%	5,76%	11,00%	4,29%	6,00%	2,42%	3,50%	4,15%	6,20%
50%	3,02%	6,10%	2,41%	3,50%	1,02%	1,90%	1,89%	3,10%
60%	1,50%	2,90%	1,41%	1,90%	0,44%	0,70%	1,08%	1,50%
65%	0,93%	2,00%	1,05%	1,30%	0,20%	0,30%	0,70%	1,00%
70%	0,30%	1,10%	0,72%	0,90%	0,06%	0,10%	0,33%	0,50%
Vazão captada (m³/s)	0,01		0,41		0,11		1,32	

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 51 - Déficit de atendimento ao abastecimento público - Q_{90%} e Q_{85%}.

% Máximo outorgável da vazão de referência	FALHA DE ATENDIMENTO (Déficit volumétrico - m³/ano)							
	ETA Glorinha		ETA Fiúza (Viamão)		Captação Passo dos Negros		Captação Alvorada	
	Q90%	Q85%	Q90%	Q85%	Q90%	Q85%	Q90%	Q85%
40%	25.774	49.192	547.765	766.943	86.675	125.215	1.721.635	2.571.607
50%	13.495	27.279	308.045	447.383	36.314	67.974	785.840	1.285.804
60%	6.729	12.969	180.053	242.865	15.685	25.043	448.726	622.163
65%	4.179	8.944	133.724	166.171	7.040	10.733	291.178	414.775
70%	1.355	4.919	92.542	115.041	2.128	3.578	138.186	207.388
Vazão captada (m³/s)	0,01		0,41		0,11		1,32	

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Nota-se grande disparidade no déficit quando comparadas as utilizações das duas vazões de referência.

Tal fato pode ser explicado pela vazão remanescente ser maior quando utilizada a vazão de referência $Q_{85\%}$, e por isso, nos períodos de menor disponibilidade, o déficit é maior do abastecimento público quando comparado à utilização da $Q_{90\%}$ dada que a prioridade nº 1 é a demanda ambiental.

Conforme mencionado anteriormente, quanto maior é o objetivo pela manutenção da vida associada ao ambiente aquático, menor é o objetivo pela garantia de água para os usos consuntivos.

Visto que o Plano de Bacia não define a vazão remanescente da vazão de referência, não se tem claro quais são as reais demandas ambientais na bacia.

Portanto, a presente análise tem como intenção, servir de subsídios para a tomada de decisão dos órgãos fiscalizadores (DRH/FEPAM) e como orientação para as próximas revisões do Plano de Bacia com o enfoque nos impactos que diferentes decisões terão no abastecimento público.

Como ferramentas, devem ser utilizados os resultados apresentados nesse estudo, que em paralelo aos estudos desenvolvidos na SEMA/DRH (calibração de modelos hidrológicos para o estado), indicam as vazões de permanência em cada trecho da bacia hidrográfica.

Com o auxílio de tais ferramentas, deve-se utilizar o poder de gestão e fiscalização do Estado para o controle e regularização das outorgas existentes e futuras na bacia.

Portanto, como ferramentas de gestão, se apresentam nos anexos do Produto 12 os **Mapas de Resultados Hidrológicos para o Cenário 0**, que contém o mapa com a nomenclatura de cada trecho de rio e os **Resultados Hidrológicos para o Cenário 0** que contém as vazões de permanência $Q_{90\%}$ e $Q_{85\%}$ mensal para cada um dos trechos de rio.

No que tange o atendimento às demandas para irrigação, reitera-se que uma vez constatado que a área de cultivo de arroz existente hoje na bacia (em torno de 23.000 ha de acordo com as projeções desse estudo) não é compatível com o atendimento às demandas prioritárias na bacia, a área de cultivo de culturas irrigadas na bacia deve diminuir.

Mesmo com a implantação das obras do Banhado, por terem um volume de acumulação pequeno dado o seu viés ambiental, não foi possível aumentar a disponibilidade hídrica de forma efetiva.

Portanto, o presente estudo indica a redução da área plantada de arroz na bacia para aproximadamente 5.000 hectares, **ou consumo equivalente**, sendo considerado nesse estudo em 10.000 m³/ano/ha que equivale a 50 hm³/ano para tal área de plantio.

Nota-se, conforme constatado na análise realizada no **Cenário 0**, que para que haja um atendimento aceitável, com poucas perdas, a área total irrigada da bacia não deve passar dos 5.000 ha, com uma perda média anual de 2,15% da produção.

Pelo fato do viés desse trabalho ser a avaliação da disponibilidade hídrica, indicando soluções de forma a mitigar os efeitos das estiagens e obedecendo os dispositivos legais, cabe como proposta, **o cumprimento às vazões máximas outorgáveis por trecho apresentadas nesse estudo.**

O fato do volume disponível para irrigação converter-se ou não na área de plantio calculada e proposta, caberá tão somente à otimização do uso dos recursos hídricos disponibilizados aos agricultores.

O estudo também conclui que para que se assegure a disponibilidade hídrica para o abastecimento público, não é necessária a implantação de obras de reservação.

Devem ser observados **principalmente** os dispositivos de lei que indicam os atendimentos prioritários, com o uso da regulamentação e fiscalização, assim como uma melhor definição da vazão máxima outorgável. Para isso, **deve-se implementar uma Política de Gestão dos Recursos Hídricos na Bacia de forma efetiva.**

✓ **Orçamento para Regularização e Fiscalização das Outorgas**

Os custos de implantação da estrutura básica para desenvolver as atividades de fiscalização e controle do uso da água foram estimados em R\$ 9.180.000,00 incluindo os custos de BDI.

3.8.12 Recuperação de Regiões Degradadas - Banhado Grande - Alternativa Única

A seguir, com vistas à minimização dos impactos hídricos decorrentes da expansão do cultivo do arroz irrigado e da construção do Canal do DNOS, são aqui analisadas e propostas intervenções estruturais na área de proteção ambiental do Banhado Grande, na bacia do Rio Gravataí.

✓ **Macrolocalização e caracterização da área**

A região localiza-se no compartimento geomorfológico denominado Planície Costeira do Rio Grande do Sul, caracterizando-se pela predominância de áreas úmidas interconectadas, em grande parte atualmente sob cultivo de arroz irrigado.

Os banhados remanescentes, como o Banhado dos Pachecos, Chico Lomã e Banhado Grande, integram o denominado Sistema Banhado Grande, o qual dá origem ao Rio Gravataí. As intervenções estruturais, que adiante serão propostas, localizam-se ao longo do Canal do DNOS, o qual está inserido na APA do Banhado Grande, praticamente no centro das referidas áreas úmidas (Figura 54).

✓ **Geologia**

O substrato geológico local, o qual constitui o Sistema Banhado Grande, é composto por depósitos sedimentares inconsolidados, tanto de origem lacustre-paludal, como de planícies lagunares (barreiras Pleistocênicas ou Holocênicas), ou ainda sedimentos aluvionares holocênicos. Estes depósitos sedimentares são sucintamente caracterizados a seguir.

✓ **Concepção**

A concepção das intervenções estruturais, as quais adiante serão propostas, baseou-se na identificação e análise dos impactos hídricos e ambientais na APA do Banhado Grande.

Além dos efeitos hidrogeológicos, os quais são decorrentes principalmente da construção do canal do DNOS, verificou-se em campo uma acentuada erosão no trecho de montante da área, processo que já havia sido identificado e analisado anteriormente por Etchelar (2014).

Com o objetivo de restaurar a região que anteriormente constituía um contínuo ecológico entre o exutório do Banhado Grande e a Lagoa das Anastácias foram concebidos mini barramentos ao longo do Rio Gravataí. Para tal efeito, considera-se que é necessária a saturação do solo de modo a permitir condições mínimas para a viabilidade do ecossistema.

O efeito principal atingido pelos barramentos é a elevação dos níveis médios dentro do canal principal do Rio Gravataí, proporcionando as condições de saturação supracitadas.

O segundo efeito benéfico para a proteção do Banhado Grande é a redução das velocidades médias no Rio Gravataí, desta forma reduzindo a capacidade erosiva incrementada artificialmente após a retificação do rio (canal do DNOS).

Na inspeção de campo verificou-se que ocorreu um alargamento acelerado do canal do DNOS, bem como a instalação de voçorocas laterais ao mesmo, além de tubos de erosão subterrânea (*piping*) nas margens e trechos de deposição acentuada de sedimentos no leito do canal.

Nos trechos do canal que estão sendo assoreados, observa-se que ocorre uma elevação localizada dos níveis d'água, sendo que o canal deixa de ser retilíneo, tendendo à antiga forma de meandros. Com o objetivo de avaliar a intensidade e a distribuição dos processos de erosão e assoreamento, examinou-se o perfil longitudinal do Canal do DNOS, tendo-se identificado que:

- Os sedimentos depositam-se no final dos trechos de maior declividade (3,0 m/1000 m), sempre que o fundo do canal se torna plano ou pouco declivoso.
- Nas zonas de assoreamento, os sedimentos depositados no fundo do canal (carga móvel) atingem espessuras superiores a 2,0 m.
- O trecho com maior carga de sedimentos depositados no leito do canal, tanto por deposição/assoreamento, como por colapso das margens adjacentes, situa-se entre as estacas 5+000 m e 16+000 m.

Em vista dos processos hídricos e ambientais identificados, as intervenções estruturais foram concebidas para atender os seguintes critérios:

- Reativação dos antigos meandros naturais e restauração do ecossistema aquático.
- Restauração das reservas hídricas subterrâneas.
- Minimização dos efeitos antrópicos nos fluxos d'água superficial e subterrânea.
- Minimização dos processos erosivos subterrâneos e superficiais.

Considerando-se as características da região, a minimização dos custos de construção e redução ao máximo da necessidade de manutenção assim como do impacto estético da área foram propostas barragens executadas em gabiões tipo caixa.

Tais barragens terão sua soleira vertente significativamente abaixo do nível da planície de inundação, ficando frequentemente submersas.

Além da elevação dos níveis médios devem ser observadas condições mínimas em critérios hidrológicos e ambientais de modo a reduzir eventuais impactos negativos em tais áreas.

Para tal devem ser observadas: a manutenção das vazões mínimas para manutenção dos ecossistemas aquáticos e a existência de condições hidráulicas para transposição de fauna do rio. As condições mínimas para transporte de sedimentos também devem ser observadas.

✓ **CrITÉRIOS EcolÓgicos**

Desconhecendo-se as características específicas de locomoção da fauna aquática neste trecho específico do Rio Gravataí, serão utilizados como critérios ecológicos parâmetros comuns encontrados na literatura.

As condições hidráulicas a serem atendidas dizem respeito à profundidade mínima para locomoção, velocidade máxima (de contra fluxo) e condições de turbulência máximas, conforme listados a seguir:

- Profundidade hidráulica mínima para locomoção de fauna: 30 cm
- Velocidade máxima para travessia (velocidade de explosão): 2,50 m/s
- Distância máxima para travessia individual (20 s) = 50 m
- Dissipação de energia e turbulência mínima = Ressalto Ondulado (Froude $\leq 1,7$)

✓ **CrITÉRIOS Hidráulicos/Hidrológicos**

Além dos critérios ecológicos deve-se observar a capacidade do barramento de: atender as vazões mínimas para manutenção da qualidade d'água e permitir a fluxo de sedimentos ao longo do curso do rio de modo a não se agravar os problemas de erosão. Para atender tais critérios propõe-se que os minis barramentos possuam um descarregador.

- Descarregador: Tubo de Concreto DN300 (x1), altura da entrada elevada em 500 mm.
- Vazão mínima para passagem de fauna: 500 l/s (menor que $Q_{99\%}$ para qualquer trecho).

A Figura 54 mostra a localização do Canal do DNOS, o qual coincide aproximadamente com o limite municipal de Gravataí, Glorinha e Viamão.

As áreas úmidas interconectadas, nas quais se insere o Banhado Grande, além destes municípios, encontra-se também localizado em Santo Antônio da Patrulha.

✓ **Intervenções estruturais propostas (localização, seções e plantas-tipo)**

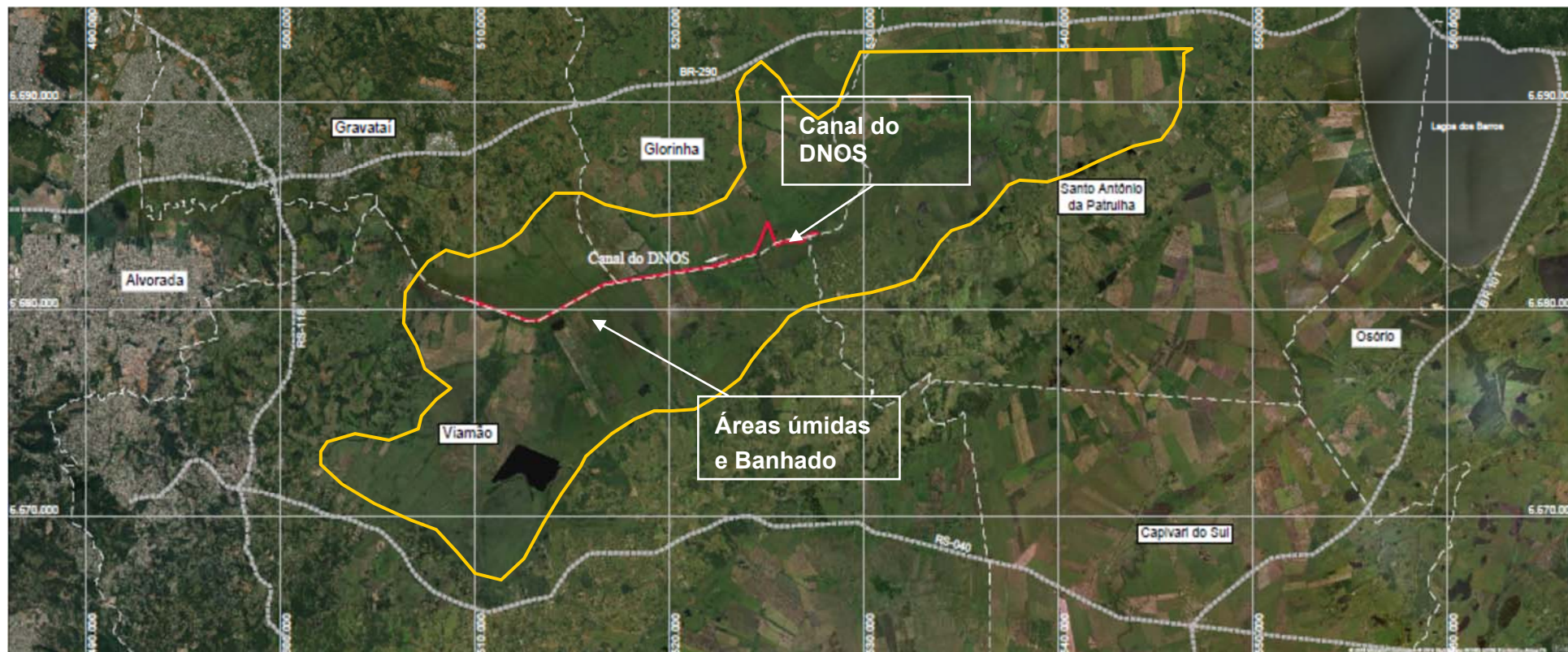
Buscando atender os critérios de projeto citados, optou-se pela alternativa de pequenos barramentos galgáveis posicionados de forma escalonada ao longo do Canal do DNOS, os quais deverão promover a elevação generalizada dos níveis de água subterrânea, bem como a redução dos processos erosivos subterrâneos e superficial.

A elevação dos níveis d'água permitirá a reativação dos antigos meandros fluviais, os quais se encontram em parte secos, bem como a progressiva restauração dos ecossistemas aquáticos.

A localização e as características geométricas destes barramentos encontram-se indicadas no Quadro 52 e na Figura 55. Os barramentos 14 e 15, localizados nas estacas 24+020 e 25+135 km devem ter a sua necessidade verificada nas etapas de projeto básico.

A região apresenta declividades baixas, portanto, num primeiro momento não se verificou a necessidade de implantação destas unidades num contexto global para a diminuição do gradiente hidráulico e consequente diminuição dos processos erosivos.

No entanto, através do relato da comunidade local, foi indicada a necessidade de reativação de meandros, uma vez parcialmente desativados após a construção do canal do DNOS.



*Figura 54 - Localização do Canal do DNOS (em vermelho)
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí*

Quadro 52 - Localização e características geométricas dos barramentos galgáveis

BARR.	ESTACA	COTAS				LARGURAS			
		Terreno LE	Talvegue	Terreno LD	Vertedor	Ombreira esq.	Fundo Canal	Ombreira dir	Total
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1	1+040	9,00	7,50	9,00	8,00	19,00	14,70	38,00	71,70
2	1+400	9,00	7,50	9,00	7,50	7,50	17,00	20,00	44,50
3	3+630	8,00	3,50	8,50	7,00	21,60	17,00	24,1	62,70
4	4+000	8,00	2,80	8,00	6,50	24,00	14,00	25,6	63,60
5	5+580	7,00	2,50	8,00	6,00	22,50	25,00	21,2	68,70
6	6+020	7,00	2,00	7,10	5,50	25,20	30,00	25,5	80,70
7	9+050	6,00	2,00	6,20	5,00	21,90	25,00	23,3	70,20
8	12+000	4,60	1,40	4,10	4,50	13,00	35,00	13,50	61,50
9	12+400	4,00	1,50	4,20	4,00	12,30	30,00	12,2	54,50
10	13+000	4,20	1,50	4,00	3,50	12,00	35,00	12,5	59,50
11	15+000	4,30	1,00	4,50	3,00	15,90	25,00	16,70	57,60
12	18+800	3,10	0,00	3,00	2,50	12,20	27,00	20,90	60,10
13	20+600	2,00	0,00	1,00	2,00	20,00	50,00	20,00	90,00
14(*)	24+020	-	-	-	-	-	-	-	-
15(*)	25+135	-	-	-	-	-	-	-	-

(*)Deve ser avaliada a necessidade na etapa de projeto básico.

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

As cotas de fundo do canal do DNOS e dos meandros devem ser levantadas com maior grau de detalhe, para que se possa verificar a necessidade destes barramentos.

O intuito de tais mini barramentos é a reativação dos meandros no local, por isso a necessidade de realização de um levantamento topobatimétrico detalhado nesses locais para a averiguação da diferença de cotas do canal do DNOS e dos meandros.

Os barramentos serão construídos em gabiões tipo caixa, os quais serão montados e preenchidos manualmente com rachão nos próprios locais de barramento. A vedação de montante será feita com o próprio solo local, o qual será escavado e espalhado sem controle de compactação com escavadeira hidráulica.

Não haverá, portanto, a necessidade de exploração de jazidas e transporte de solos. Na interface aterro-gabião será colocada uma manta geotêxtil para evitar a mobilização de finos.

As alturas dos barramentos em relação ao fundo atual do canal são apresentadas no Quadro 53.

Os efeitos destes pequenos barramentos galgáveis, embora nitidamente favoráveis e adequados à recuperação hídrica e ambiental da APA do Banhado Grande, **devem ser monitorados no seu período operacional, de forma a permitir que seja detectada a necessidade e efetuados ajustes localizados para melhorar a sua eficiência.**



*Figura 55 - Localização dos pequenos barramentos galgáveis
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí*

Quadro 53 - Altura dos barramentos acima do fundo do canal

Barramento	Estaca	Talvegue	Crista vertedor	Altura barramento (em relação ao fundo)
		(m)	(m)	(m)
1	1+040	7,50	8,00	0,50
2	1+400	7,50	7,50	0,00
3	3+630	3,50	7,00	3,50
4	4+000	2,80	6,50	3,70
5	5+580	2,50	6,00	3,50
6	6+020	2,00	5,50	3,50
7	9+050	2,00	5,00	3,00
8	12+000	1,40	4,50	3,10
9	12+400	1,50	4,00	2,50
10	13+000	1,50	3,50	2,00
11	15+000	1,00	3,00	2,00
12	18+800	0,00	2,50	2,50
13	20+600	0,00	2,00	2,00
14(*)	24+020			
15(*)	25+135			

(*)Deve ser avaliada a necessidade na etapa de projeto básico.
 Obs: além da altura indicada em relação à cota de fundo do canal, deve ser ainda feita a remoção dos sedimentos de fundo para a impermeabilização das fundações, de forma que a altura final do barramento será maior do que a acima indicada.

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Orçamento das Obras de Revitalização das Áreas Degradadas

Para estimar os custos de implantação de mini barramentos para a revitalização das áreas degradadas, foram consultadas as tabelas de custo do SINAPI, SICRO e DAER/RS.

No Produto 12 está apresentado de forma detalhada o levantamento dos custos.

O orçamento leva em consideração os seguintes procedimentos e técnica construtiva:

- Limpeza do terreno;
- Ensecadeiras e desvio do canal;
- Escavações;
- Tratamento e regularização das fundações;
- Estrutura em gabiões;
- Aterro de montante;
- Fechamento do desvio.

Os custos, sem a inclusão da composição do BDI, são de R\$ 4.296.997,94. Com a inclusão, obedecendo ao Decreto nº 19.224 de novembro de 2015, o custo totaliza R\$ 5.489.932,01.

Os mini barramentos 14 e 15 não tiveram o seu custo incluído nesta fase de concepção.

3.8.13 Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta - Alternativa Única

✓ Sistema Atual - SEMA/RS

A Sala de Situação da SEMA - Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável funciona como um centro de prevenção, monitoramento e mapeamento de eventos hidrológicos integrado à Agência Nacional de Águas.

Sua missão é contribuir para a gestão integrada de bacias hidrográficas e identificação de ocorrência de eventos extremos, mediante acompanhamento e previsão das condições hidro meteorológicas, com o fim de minimizar os efeitos adversos de secas e inundações.

A operação da sala de situação é feita pelo SOMAR Meteorologia, uma empresa contratada pela SEMA.

A Sala de Situação é resultado de um Acordo de Cooperação Técnica, firmado entre a Agência Nacional de Águas (ANA) e a SEMA, no dia 18 de janeiro de 2013. Atualmente a sala de situação da SEMA trabalha com as seguintes ações:

- Previsão hidrometeorológica;
- Emissão de boletins (diários, semanais e mensais);
- Emissão de avisos à Defesa Civil;
- Plantão em eventos hidrológicos extremos;
- Relatórios de eventos críticos ocorridos;
- Estudos dos pontos mais recorrentes de inundação;
- Estabelecimento de limiares de alerta de eventos extremos.

Nas bacias hidrográficas do Gravataí a rede pluviométrica é constituída em sua totalidade pelas estações com medições horárias do CEMADEN. O total de estações pluviométricas na Bacia do Rio Gravataí é 11. A distribuição das estações está concentrada em regiões mais densamente urbanizadas a jusante, sendo que a bacia do Rio Gravataí não possui nenhuma estação em suas partes mais a montante.

Em relação ao monitoramento horário do nível dos rios, não existe nenhuma estação na Bacia do Rio Gravataí.

A previsão meteorológica utilizada pela Sala de Situação é obtida a partir do modelo WRF (*Weather Research and Forecasting*), na qual são utilizados produtos nas resoluções de 2,5 e 15 km.

Em relação à previsão nos rios, atualmente a Sala de Situação está em fase de calibração do modelo MGB-IPH para todo o Rio Grande do Sul, na qual os dados de entrada de chuva no modelo são oriundos do modelo meteorológico WRF, também se utiliza como condição inicial do modelo os dados de monitoramento horário das estações linimétricas. No entanto, não há estações linimétricas com dados horários na bacia.

Os alertas da Sala de Situação são enviados para a Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil (CEPDEC), ligada à Casa Militar e órgão central do Sistema Estadual de Proteção e Defesa Civil - SIEPDEC (Decreto nº 51.547, de 3 de junho de 2014).

A CEPDEC por sua vez integra o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), conforme o Decreto nº 7.257, de 04/08/2010, e atua nas fases de prevenção, mitigação, preparação, resposta e reconstrução de cenários, nos desastres naturais ou provocados pelo homem.

✓ **CEMADEN**

O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) foi criado com intuito de, em parceria com várias instituições, implementar, complementar e consolidar a rede de instrumentos meteorológicos, hidrológicos e geotécnicos para monitoramento ambiental.

A principal missão do CEMADEN é monitorar as ameaças naturais em áreas de riscos em municípios brasileiros suscetíveis à ocorrência de desastres naturais, além de realizar pesquisas e inovações tecnológicas que possam contribuir para a melhoria de seu sistema de alerta antecipado, com o objetivo final de reduzir o número de vítimas fatais e prejuízos materiais em todo o país.

Dentro da bacia hidrográfica do Gravataí os municípios monitorados são: Canoas, Cachoeirinha, Alvorada, Viamão, Gravataí e Porto Alegre. Não há estações nos municípios de Glorinha e Santo Antônio da Patrulha.

O total de estações pluviométricas na Bacia do Rio Gravataí é 11. A distribuição dos postos está concentrada em regiões a jusante, sendo que a bacia do Rio Gravataí não possui nenhuma estação em suas partes mais a montante.

Em relação ao monitoramento dos rios, o CEMADEN atualmente dispõe de uma estação limimétrica com dados disponíveis com monitoramento horário na bacia do Rio Gravataí.

As estações linimétricas foram instaladas em municípios monitorados pelo CEMADEN, situados em bacias com rápido tempo de resposta e alta densidade populacional com a finalidade básica de realizar a medida, o armazenamento e a transmissão de dados hidrológicos, essas estações monitoram o nível do rio (usando sensor tipo radar).

Os alertas são repassados para os órgãos de Defesa Civil Estadual e Municipal, onde os responsáveis iniciam a fase de preparação para o desastre, onde os recursos necessários para a resposta são mobilizados.

Em 2017 foram concluídas duas consultorias, a da Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres e a da Arquitetura do Sistema Integrado de Gestão de Risco de Desastres (SEGIRD).

Este Sistema deverá atuar de forma integrada, abarcando os cinco macroprocessos da gestão de riscos e desastres (Prevenção, Mitigação, Preparação, Resposta e Recuperação) e, com o envolvimento de várias instituições e profissionais das mais diferentes áreas.

Como resultado dos estudos, é proposta a criação de um Centro Integrado de Gestão de Riscos de Desastres (CIGERD) para o Estado do Rio Grande do Sul.

✓ **Complementação da rede de monitoramento**

Conforme descrito, há concentração de postos nas regiões mais densamente urbanizadas a jusante e carência a montante.

As estações pluviométricas com medições horárias são todas da rede do CEMADEN, que tem seus postos concentrados nos municípios de jusante (Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí, Porto Alegre, Sapucaia do Sul e Viamão) e não possui nenhuma estação nas áreas de montante da Bacia do Rio Gravataí.

Propõe-se aparelhar estações pluviométricas já implantadas anteriormente e com dados disponíveis, para possibilitar medições horárias na porção de montante da bacia, conforme apresentado no Quadro 54 abaixo:

Quadro 54 - Estações Pluviométricas a serem aparelhadas

Dado	Tipo	Nome	Código	Longitude	Latitude	Cidade	Operador
Plu	Diário	Agropecuária Anjú	2950059	524881	6701501	Glorinha	CPRM
Plu	Diário	Faz. N. S. da Conceição	2950062	538648	6685487	Sto. Ant. Patrulha	CPRM
Plu	Diário	Glorinha	2950016	520385	6694185	Gravataí	ANA
Plu	Diário	Lombas	3050008	528733	6676006	Viamão	CPRM
Plu	Diário	Morungava	2950061	508666	6697740	Gravataí	ANA
Plu	Diário	Sto Antônio	2950031	546245	6701310	Sto. Ant. Patrulha	CEEE
Plu	Diário	Sto Antônio da Patrulha	2950060	543609	6699782	Sto. Ant. Patrulha	CPRM

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Não há estações linimétricas com dados horários na bacia. Por este motivo, propõe-se aparelhar as estações fluviométricas já implantadas anteriormente e com dados disponíveis, para possibilitar medições horárias na porção de montante da bacia, conforme apresentado no Quadro 55 abaixo.

Quadro 55 - Estações Fluviométricas a serem aparelhadas

Dado	Tipo	Nome	Código	Longitude	Latitude	Cidade	Operador
Cota	Diário	Banhado Grande	87398700	531388	6685846	Sto. Ant. Patrulha	CPRM
Cota/Vaz	Diário	Cerâmica Cherubini	87401600	504372	6689679	Gravataí	CPRM
Cota/Vaz	Diário	Passo das Canoas	87400000	499354	6686013	Gravataí	CPRM
Cota/Vaz	Diário	Passo das Canoas Auxiliar	87399000	502142	6685159	Gravataí	CPRM
Cota/Vaz	Diário	Passo Grande	87398800	509308	6695307	Glorinha	ANA

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ **Orçamento das Melhorias no Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta de Cheias**

A melhoria proposta no sistema de monitoramento previsão e alerta de cheias que geram custos **adicionais** foi a melhor estruturação da rede hidrometeorológica da bacia, com a adição e modernização dos equipamentos.

Foi proposto um aprimoramento da rede de monitoramento da bacia, com a inclusão de novas estações de monitoramento pluviométrico e fluviométrico telemétrico, assim como a automatização e telemetrização de estações já existentes. Foram orçados os valores de instalação, e operação e manutenção.

A Sala de Situação do Departamento de Recursos Hídricos da SEMA que realiza o acompanhamento do monitoramento em tempo real, utiliza modelos de previsão e emite alertas de cheias já se encontra em funcionamento, portanto não se propõe um aumento de custos de funcionamento desse departamento do estado, somente a sua manutenção.

Por já ser um custo de manutenção existente e pelo fato da Sala de Situação ter como objetivo monitorar todos os possíveis desastres naturais do estado, essa quantificação não foi incluída no presente estudo.

No Quadro 56 está apresentado o levantamento dos custos.

Quadro 56 - Custos de instalação, operação e manutenção de estações hidrometeorológicas

Instalação				
Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Instalação de estação fluviométrica	un	5	R\$ 40.000,00	R\$ 200.000,00
Instalação de estação pluviométrica	un	7	R\$ 30.000,00	R\$ 210.000,00
Operação e Manutenção anual				
Operação e manutenção de estação fluviométrica	estação/ano	5	R\$ 60.000,00	R\$ 300.000,00
Operação e manutenção de estação pluviométrica	estação/ano	7	R\$ 30.000,00	R\$ 210.000,00

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Considerou-se os custos de instalação em campo, aquisição de equipamentos, testes comissionamento, assim como, na parte de operação e manutenção o custo de reposição de peças, os custos de transmissão de dados, realização de medições de vazão nas estações fluviométricas, levantamentos topobatimétricos da seção e traçado de curva-chave.

3.8.14 Seguros de Cobertura de Inundações - Alternativa Única

No Produto 12 foram apresentadas informações que tratam dos seguros contra inundações em diferentes países, abordando suas peculiaridades e diferentes formatações. As informações apresentadas foram obtidas a partir de Atreya et al. (2015), Jha et al. (2012), Seifert et al. (2013) e Graciosa (2009).

Levando em consideração as diferenças culturais, restrições de mercado e perdas históricas, no Quadro 57 são apresentadas diferentes escolhas chaves que devem ser consideradas.

Quadro 57 - Características de seguros contra inundações.

CARACTERÍSTICA	DESCRIÇÃO
Público/Privado	O seguro contra inundações pode ser vendido somente pelo setor privado, somente pelo setor público, ou por uma colaboração entre ambos setores. No caso de colaboração, o papel de cada um deve ser definido. Nas medidas de implementação da redução de riscos, é preciso definir se o governo desempenhará o papel de seguradora primária, resseguradora ou auxiliar. As seguradoras poderão assumir todo o risco, compartilhá-lo ou simplesmente intermediar financeiramente pelas suas redes.

CARACTERÍSTICA	DESCRIÇÃO
Voluntário/ Obrigatório	O seguro contra inundações pode ser obtido de maneira voluntária ou obrigatória. Definição se as seguradoras precisarão ou não oferecer seguros de inundação a proprietários que vivem em zonas de alto risco ou com hipoteca.
Agrupado/ Individual	Estabelecer se o seguro contra inundação deve ser vendido como parte dos seguros privados das propriedades ou como uma cobertura autônoma.
Subsidiado/ Baseado em Risco	Definição de quem e como os prêmios de seguro serão definidos. Avaliação se coberturas devem ser baseadas na exposição ao risco, parcialmente baseadas, ou uniformes para todos os proprietários. Existência de subsídio a famílias que necessitem de tratamento especial.
Incentivos Econômicos	Existência de incentivos econômicos para proprietários ou comunidades que vinculem o seguro contra inundações com medidas de redução de risco.
Assistência Federal	Existência de mecanismos de compensação pós-desastre e sua interferência nas soluções de seguros existentes.

Fonte: Atreya et al., 2015

Levando em consideração as características locais, sugere-se, para a Bacia do Gravataí, o estabelecimento de um esforço colaborativo entre os setores público e privado, onde o setor público exerceria função de Ressegurador e de Regulador.

Propõe-se também a criação de um Seguro Obrigatório, que pode ser complementado por Seguro Voluntário, nos moldes do Seguro Veicular Obrigatório.

Além disso, entende-se como adequado um sistema agrupado à Apólice de Seguros, onde a cobertura do risco de catástrofe (incluindo inundação) é anexada a políticas de seguro de proprietário ou acidente, podendo abranger fogo, roubo e riscos de catástrofe como inundação, vento e outros.

Não foi identificada informação quanto a sistemas de seguros de cobertura de inundações na região.

Com base nos elementos apresentados, propõe-se a seguinte composição:

- **Público ou Privado**

Esforço colaborativo entre os setores público e privado, onde o setor público exerceria função de Ressegurador e de Regulador.

- **Voluntário ou Obrigatório**

É sugerida a existência de um Seguro Obrigatório, que pode ser complementado por Seguro Voluntário, nos moldes do Seguro Veicular Obrigatório.

Os bancos podem exigir um seguro para proteger suas hipotecas do proprietário não segurado inadimplente após sofrer danos graves de uma inundação.

- **Agrupado à Apólice de Seguros ou Individual**

Agrupado à Apólice de Seguros, onde a cobertura do risco de catástrofe (incluindo inundação) é anexada a políticas de seguro de proprietário ou acidente, podendo abranger fogo, roubo e riscos de catástrofe como inundação, vento e outros.

- **Subsidiado ou Baseado em Risco**

Parcialmente baseado no Risco, com base em mapas de inundação (baseado nos moldes da Alemanha) e com Subsídio no Prêmio (redução no valor do prêmio para proprietários que adotarem medidas de redução de risco).

- **Assistência Federal a Desastres**

Existência de mecanismos de compensação pós-desastre e sua interferência nas soluções de seguros existentes, com a constituição de fundos de alívio de desastre.

3.8.15 Conclusões e Recomendações dos Cenários de Alternativas

O estudo de alternativas de cenários apresentados se mostrou uma abordagem satisfatória para a resolução dos problemas em diferentes locais da bacia, mitigando em termos gerais os efeitos das inundações na região através da aplicação de soluções de engenharia tanto estruturais quanto não estruturais.

O estudo demonstrou através das simulações hidrodinâmicas diversas regiões impactadas pelos eventos de cheias, com regiões sujeitas a inundações, quando avaliados os TR de 5 a 100 anos, como é o caso de Porto Alegre, Gravataí e Cachoeirinha.

As soluções que mostraram os maiores benefícios diretos, com menores externalidades, foram as soluções não-estruturais por zoneamento e estruturais com a criação de polderes. Ambas apresentam limitações, uma vez que o zoneamento implica na desapropriação de determinadas regiões para a criação de parques e os polderes implicam na construção de diques que alteram as características de escoamento na planície.

No que tange o atendimento às demandas para irrigação, reitera-se que uma vez constatado que a área de cultivo de arroz existente hoje na bacia (em torno de 23.000 ha de acordo com as projeções desse estudo) não é compatível com o atendimento às demandas prioritárias na bacia, a área de cultivo de culturas irrigadas na bacia deverá diminuir.

Portanto, o presente estudo indica a redução da área plantada de arroz na bacia para aproximadamente 5.000 hectares, **ou consumo equivalente**, sendo considerado nesse estudo em 10.000 m³/ano/ha que equivale a 50 hm³/ano para tal área de plantio.

Pelo fato do viés desse trabalho ser a avaliação da disponibilidade hídrica, indicando soluções de forma a mitigar os efeitos das estiagens e obedecendo os dispositivos legais, cabe como proposta, **o cumprimento às vazões máximas outorgáveis por trecho apresentadas nesse estudo.**

Quanto à recuperação de áreas degradadas na região do Banhado Grande e Lagoa das Anastácias, o estudo apresentou soluções com o intuito de diminuir os processos erosivos em tais áreas devido ao contínuo aumento do gradiente hidráulico na região causado pelos canais artificiais ali contruídos.

Com a implementação das obras sugeridas, espera-se diminuir o gradiente, assim diminuindo o potencial erosivo do fluxo, em um solo já bastante propício à erosão. Espera-se recuperar os níveis do fundo do canal natural do Rio Gravataí anterior às condições atuais com a construção do canal do DNOS.

Recomenda-se a realização de estudos mais aprofundados das consequências ambientais da implementação de tais obras, anteriormente à sua execução. Recomenda-se o monitoramento hidroambiental da região anterior a sua fase de implantação e durante a sua operação para que sejam realizados os ajustes necessários, uma vez que a obra proposta pode ser moldável as necessidades verificadas ao longo do tempo.

Verificou-se a necessidade de caracterizar o hidro-período da região de banhado e da realização de ensaios de datação radiométrica das camadas de solo da região para se encontrar a cota do antigo leito do rio.

O sistema de monitoramento, previsão e alerta já é se encontra em operação, no entanto, ainda sendo melhorado em termos de aumento da rede de monitoramento e calibração/validação dos modelos chuva-vazão, uma vez que há no Estado uma Sala de Situação para a emissão de alerta em operação conjunta com a defesa civil.

Portanto, esse estudo apresenta sugestões para a melhoria da rede existente de forma a melhor alimentar os modelos os quais já se encontram em operação.

Dessa forma, espera-se que os informes de alertas sejam cada vez mais acurados e com maior tempo de antecedência. Recomenda-se, assim, a contínua operação da rede, através de manutenções regulares, a contínua calibração do modelo de previsão e a consolidação da parceria SEMA e Defesa Civil.

Em relação aos sistemas de seguro de cobertura de inundações, acredita-se que seja uma alternativa viável para não incentivar novas ocupações em áreas com frequente inundação, uma vez que a indicação é de seguro baseado em risco.

Além disso, no caso da modalidade obrigatória na planície de inundação, incentivaria a desocupação das áreas ocupadas.

Recomenda-se ao Estado a avaliação dos quesitos legais para a efetiva implementação das modalidades de seguro sugeridas no estudo.

3.9 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

A Análise de Viabilidade Econômica foi consolidada através do Produto 13. Os objetivos específicos de tal produto são:

- Estimar os prejuízos causados pelos eventos de estiagens e cheias do Rio Gravataí no cenário futuro tendencial (**Cenário 0**) para análise comparativa da viabilidade dos cenários de intervenção (Cenários 1 e 2).
- Realizar comparação das diferentes alternativas (Cenários 1 e 2) através de cálculo do fluxo de caixa, a valor presente, dos custos de investimento, operação e manutenção, não considerando os custos de depreciação e inflação, à taxa de desconto de 12%, ao longo do período de projeto.

Os municípios que fazem parte da Bacia do Rio Gravataí e todo o estado do Rio Grande do Sul, há décadas, sofrem com efeitos de eventos naturais, relacionados a extremos do clima.

Da mesma forma, um dos temas atuais e centrais que emergem da análise da economia gaúcha é o impacto das cheias e estiagens sobre a economia local, especialmente pelos seus desdobramentos em termos regionais.

Neste sentido, este relatório busca quantificar o valor dos custos de implantação, operação e manutenção das intervenções e comparar com os benefícios, expressos como prejuízos evitados, como resultado da mitigação destes eventos, na área de estudo.

As alternativas de projetos compõem cenários num horizonte de planejamento de 30 anos.

Nos **Cenários 1 e 2**, depois de projetado o cenário futuro tendencial de crescimento urbano e o aumento das demandas hídricas na bacia (Cenários 0), foram propostas alternativas, sendo avaliados os seus custos e comparados aos benefícios gerados na análise da viabilidade econômica dentro desse horizonte de planejamento.

Os custos de implantação, operação e manutenção do sistema estimados ao longo do horizonte do estudo de 30 anos a iniciar em 2018, é apresentado a valores presentes, utilizando taxas de 6% a.a. e 12% a.a.

Os principais tributários do Rio Gravataí que estão inseridos em áreas urbanas, tiveram sua hidrologia e hidrodinâmica simuladas, tendo sido avaliada a extensão da mancha de inundação sobre os municípios em que estão inseridos, e tais análises serviram para o planejamento dos cenários.

São eles: os arroios Demétrio, Brigadeiro, Barnabé e Barnabezinho.

No entanto, não foram contabilizados os prejuízos causados por eles, pois o escopo do presente trabalho é voltado para a mitigação dos efeitos de cheias e estiagens causados pelo Rio Gravataí e não pelos seus afluentes, que fazem parte da macrodrenagem dos municípios.

Dessa forma, a Análise Econômica refere-se somente ao efeito das inundações causado pelo Rio Gravataí, e não de seus afluentes.

Em relação aos efeitos das estiagens, eles foram contabilizados levando em consideração todos os municípios inseridos na bacia do Rio Gravataí, assim como todas as captações para abastecimento público realizadas na bacia.

3.9.1 Análise Econômica do Cenário 0 - Cheias

Esta primeira etapa de análise econômica consistiu na quantificação de prejuízos diretos e indiretos gerados às áreas residenciais, comerciais e industriais, infraestrutura e serviços essenciais públicos, e o valor do tempo dispendido para a limpeza de residências no **Cenário 0**.

A metodologia utilizada no **Cenário 0** e apresentada neste item, foi a mesma adotada nos Cenários 1 e 2. No Quadro 58 abaixo, estão listados os itens presentes no escopo deste trabalho:

Quadro 58 - Escopo considerado para a Análise Econômica de Cheias

NATUREZA	ITENS
Prejuízos Diretos - Edificações	Estrutura de Edificações Residenciais
	Estrutura de Edificações Comerciais
	Estrutura e Bens de Edificações Industriais
Prejuízos Indiretos - Edificações	Perda de bens móveis e pertences pessoais - Residências
	Perda de produtos e estoques - Comércio
	Interrupção das Atividades - Comércio
Limpeza de Residências	Valor do Tempo da População dispendido
Prejuízos Diretos - Infraestrutura Pública	Instalações públicas de saúde
	Instalações públicas de ensino
	Instalações públicas prestadoras de outros serviços
	Instalações públicas de uso comunitário
	Obras de Infraestrutura Pública
Prejuízos Indiretos - Serviços Essenciais Prejudicados	Abastecimento de água potável
	Esgoto de águas pluviais e sistema de esgotos sanitários
	Sistema de limpeza urbana e de recolhimento e destinação do lixo
	Sistema de desinfetação/desinfecção do habitat/controle de pragas e vetores
	Geração e distribuição de energia elétrica
	Telecomunicações
	Transportes locais, regionais e de longo curso
	Distribuição de combustíveis, especialmente os de uso doméstico
	Segurança Pública
	Ensino

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Para a quantificação das áreas atingidas pelos eventos de inundação, foram utilizadas as manchas de inundação do Rio Gravataí geradas a partir dos estudos hidrológicos desenvolvidos. Os Tempos de Recorrência considerados para estes eventos são **5 anos, 10 anos, 25 anos, 50 anos e 100 anos**.

Nestas manchas de inundação, foram ainda considerados intervalos de lâmina d'água (Quadro 59) para a quantificação da magnitude dos prejuízos diretos sofridos pelas áreas edificadas atingidas pelas cheias. São eles:

Quadro 59 - Intervalos considerados nas manchas de inundação

Intervalo	Altura D'água	Prejuízo direto infligido às áreas edificadas atingidas
Classe 1	Até 1 metro	45% do total da área edificada
Classe 2	Entre 1 e 2,5 metros	60% do total da área edificada
Classe 3	Entre 2,5 e 3 metros	80% do total da área edificada
Classe 4	Acima de 3 metros	100% do total da área edificada

Fonte: Penning-Rowsell, Edmund et al, 2005. Salgado, João Carlos Mattoso, 1995.

Nos próximos itens, serão exploradas as metodologias utilizadas para a quantificação dos prejuízos diretos e indiretos listados no Quadro 58, acima.

✓ **Quantificação de Edificações Atingidas**

No Quadro 60 abaixo estão os resultados obtidos, discriminados por município atingido, Tempo de Recorrência e altura d'água:

Quadro 60 - Área totais atingidas (km²) pelas manchas de inundação por TR - Situação Atual

Altura da Inundação	TR5	TR10	TR25	TR50	TR100
Lâmina D'água de até 1 metro	62,57	53,02	47,36	67,82	79,24
Lâmina D'água entre 1 e 2,5 metros	37,11	42,50	39,83	38,10	38,38
Lâmina D'água entre 2,5 e 3 metros	2,96	13,50	11,67	11,25	10,65
Lâmina D'água maior que 3 metros	10,88	18,35	31,78	38,43	41,56
Áreas totais atingidas	113,52	127,37	130,64	155,6	169,83

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Para a quantificação do número de edificações atingidas nos diversos Tempos de Recorrência da Situação Atual, foram utilizadas as imagens aerofotogramétricas obtidas e tratadas. Logo após, com a demarcação de todas as edificações em formato *Esri Shapefile (.shp)*, procedeu-se à verificação das unidades atingidas conforme o Tempo de Recorrência e a lâmina d'água correspondente, com o auxílio do software de geoprocessamento *Maptitude*, da desenvolvedora *Caliper*.

O município de Alvorada possui um maior número de áreas edificadas atingidas do que os discriminados nas tabelas do Produto 13.

Porém, como a região das microbacias dos arroios Feijó, Águas Belas e São João já foram objeto de estudo realizado em 2016 pela própria Metroplan, este local não terá seus prejuízos diretos e indiretos contabilizados nessa avaliação econômica.

O mesmo pode ser dito para Canoas, que possui edificações residenciais e comerciais atingidas por tributários do Rio Gravataí, e para o município de Gravataí, que possui o maior prejuízo total entre as cidades da Bacia, mas provocado em boa parte por afluentes.

Estes prejuízos também não foram contabilizados nesta análise.

✓ **Quantificação de Prejuízos Diretos**

Para a quantificação de prejuízos diretos a edificações atingidas, foi utilizado como parâmetro o dano a estrutura principal, contabilizado a partir do valor do CUB - Custo Unitário Básico da construção por m².

Este parâmetro foi obtido através da série histórica do Sinduscon - RS³ - Sindicato da Construção Civil do Rio Grande do Sul, com mês base agosto/2017. Abaixo no Quadro 61 estão os valores considerados para as quantificações de prejuízos diretos neste relatório:

Quadro 61 - Custos unitários básicos de construção - agosto/2017

CLASSIFICAÇÃO	PADRÃO DE ACABAMENTO	CÓDIGO	VALOR (R\$/m²)	FAIXA DE RENDA
R-1 - Residencial Unifamiliar	Baixo	R 1-B	R\$ 1.380,32	Até 3 salários mínimos
	Normal	R 1-N	R\$ 1.736,06	Entre 3 e 15 salários mínimos
	Alto	R 1-A	R\$ 2.166,87	Maior que 15 salários mínimos
Comercial CSL-8 - Com Salas e Lojas	Normal	CSL 8-N	R\$ 1.407,45	-
	Alto	CSL 8-A	R\$ 1.618,38	-

Fonte: Sinduscon-RS

Para a determinação das faixas de renda predominante nas áreas atingidas, e da proporção de áreas residenciais e comerciais, utilizou-se os dados disponíveis no IBGE para estas localidades, conforme pode ser visto no Quadro 62 a seguir:

Quadro 62 - Dados gerais dos municípios atingidos

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO¹	RENDA MÉDIA MENSAL²	UNIDADES RESIDENCIAIS³	UNIDADES COMERCIAIS²	% DE UNIDADES COMERCIAIS SOBRE O TOTAL
Alvorada	208.177	2,3 salários mínimos	60.176	3.428	5,70%
Cachoeirinha	127.318	2,5 salários mínimos	38.867	4.870	12,53%
Gravataí	275.146	3,1 salários mínimos	82.373	7.212	8,76%
Porto Alegre	1.487.941	4,2 salários mínimos	508.098	88.626	17,44%
Total Geral	2.746.139	-	885.021	122.641	13,86%

Fontes: 1. IBGE - População Estimada 2017; 2. IBGE- Cadastro Central de Empresas 2015; 3. IBGE - Censo 2010

Considerando o perfil socioeconômico das áreas atingidas, utilizou-se para o cálculo dos prejuízos diretos em edificações que 90% das áreas residenciais possuem perfil construtivo R 1-B (Padrão de acabamento baixo), e os 10% restantes estão na classificação R 1-N (Padrão de acabamento normal).

Assim, ponderando os valores dos dois perfis, chegou-se a um valor médio do CUB de R\$ 1.415,89. Para áreas comerciais, adotou-se o padrão CSL-8 - com salas e lojas, padrão de acabamento normal, cujo CUB, para agosto de 2017, é de R\$ 1.407,45.

³ Disponível em: <http://www.sinduscon-rs.com.br/produtos-e-servicos/pesquisas-e-indices/cub-rs/>

✓ **Quantificação dos Prejuízos Indiretos**

Os prejuízos indiretos em residências e estabelecimentos comerciais são referentes aos bens contidos nessas unidades, tais como móveis, eletrodomésticos, estoques de produtos, entre outros bens pessoais.

No caso das unidades comerciais, também se considera o prejuízo decorrente da interrupção de suas atividades. Normalmente, este levantamento é obtido através da correlação deste com o prejuízo direto (VAZ, 2015), dada a dificuldade em calcular corretamente tais tipos de custos.

De acordo com os autores James e Lee apud Canholi (2005), esta correlação de prejuízos indiretos pode ser calculada a partir de um percentual do prejuízo direto, conforme mostrado no Quadro 63 a seguir:

Quadro 63 - Quantificação de Prejuízos Indiretos sobre Prejuízos Diretos

Ocupação	Percentual de dados indiretos sobre danos diretos
Área Residencial	15%
Área Comercial	37%

Fonte: James e Lee apud Canholi - 2005

✓ **Quantificação dos Prejuízos Totais em Áreas Residenciais e Comerciais**

A partir do levantamento da representatividade de unidades comerciais por município atingido, dos CUBs médios por tipo de ocupação e padrão de acabamento, e dos prejuízos indiretos, pôde-se chegar à seguinte equação para o cálculo dos prejuízos totais em áreas edificadas residenciais e comerciais por Tempo de Recorrência:

Prejuízos Totais Por Tempo de Recorrência

É igual a $(1,15 \times \sum \text{CUB médio residencial (R\$ 1.415,89)} \times \text{Área edificada atingida} \times \text{Percentual residencial do município} \times \text{Percentual de prejuízo causado pela altura d'água}) + (1,37 \times \sum \text{CUB comercial (R\$ 1.407,45)} \times \text{Área edificada atingida} \times \text{Percentual comercial do município} \times \text{Percentual de prejuízo causado pela altura d'água})$

✓ **Quantificação de Prejuízos em Edificações Industriais**

Para a análise de prejuízos causados a instalações industriais, procedeu-se de forma análoga às edificações residenciais. Os intervalos de alturas de inundação para a quantificação de prejuízos continuaram iguais.

Contudo, dada a heterogeneidade das instalações sujeitas aos eventos das cheias do Rio Gravataí, e pela imprecisão na quantificação exata dos potenciais prejuízos às estruturas, maquinários e estoques, adotou-se um valor padrão, para um cenário de perda total, de R\$ 200,00/m² (CANHOLI, 2005).

Neste estudo, verificou-se que as áreas (inclusas nessa categoria) mais vulneráveis às cheias são majoritariamente os terminais hidroviários de carga localizados próximos à foz do Rio Gravataí com o Delta do Jacuí.

Após a quantificação das áreas, aplicou-se a seguinte equação para o cálculo dos prejuízos totais em edificações industriais por tempo de recorrência:

Prejuízos Totais

É igual a $\sum$ Custo médio por m² (R\$ 200,00) x Área Industrial atingida x Porcentual de Prejuízo referente à altura d'água

✓ **Quantificação dos Prejuízos Públicos**

A quantificação dos prejuízos diretos e indiretos sofridos pelos entes públicos foi realizada a partir da análise do histórico dos últimos quatro anos de Formulários de Informações de Desastre - FIDE, da Defesa Civil, registrados em municípios pertencentes à Bacia do Rio Gravataí que passaram por eventos de Inundações.

Estes dados englobam os prejuízos contabilizados no último grande evento de inundação da região, em 2015. Os itens registrados na contabilização dos danos ao patrimônio e aos serviços públicos nos Formulários de Informações de Desastre são os mostrados no Quadro 64 abaixo:

Quadro 64 - Prejuízos Públicos contabilizados pela Defesa Civil

NATUREZA	ITENS
Prejuízos Diretos - Infraestrutura Pública	Instalações públicas de saúde
	Instalações públicas de ensino
	Instalações públicas prestadoras de outros serviços
	Instalações públicas de uso comunitário
	Obras de Infraestrutura Pública
Prejuízos Indiretos - Serviços Essenciais Prejudicados	Abastecimento de água potável
	Esgoto de águas pluviais e sistema de esgotos sanitários
	Sistema de limpeza urbana e de recolhimento e destinação do lixo
	Sistema de desinfetação/desinfecção do habitat/controle de pragas e vetores
	Geração e distribuição de energia elétrica
	Telecomunicações
	Transportes locais, regionais e de longo curso
	Distribuição de combustíveis, especialmente os de uso doméstico
	Segurança Pública
	Ensino

Fonte: Adaptado de Defesa Civil⁴

⁴ Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/series/>

No Quadro 65 estão as FIDEs identificadas para análise neste estudo:

Quadro 65 - Prejuízos registrados pela Defesa Civil em Inundações na Bacia

FORMULÁRIO DE INFORMAÇÕES DO DESASTRE - FIDE	LOCAL - DATA	DANOS EM HABITAÇÕES	DANOS EM INFRAESTRUTURA PÚBLICA	DANOS AOS SERVIÇOS PÚBLICOS
PROTOCOLO: RS-F-4300604- 12100-20130827	Alvorada - 27/08/2013	R\$ 14.700.000,00	R\$ 611.000,00	5.360.000,00
PROTOCOLO Nº RS-F-4300604- 12100-20150712	Alvorada - 12/07/2015	R\$ 28.380.000,00	R\$ 8.750.000,00	R\$ 0,00
PROTOCOLO Nº RS-F-4300604- 12100-20151012	Alvorada - 12/10/2015	R\$ 2.800.000,00	R\$ 9.100.000,00	6.520.000,00
PROTOCOLO Nº RS-F-4309209- 12100-20151015	Gravataí - 15/10/2015	R\$ 30.000.000,00	R\$ 11.000.000,00	R\$ 900.000,00
Média dos Eventos		R\$ 18.970.000,00	R\$ 7.365.250,00	3.195.000,00
Percentual de Prejuízos Públicos sobre Prejuízos Residenciais Diretos			38%	16%

Fonte: Adaptado de Defesa Civil⁵

Observando os prejuízos contabilizados pela Defesa Civil para estes eventos, e correlacionando os danos ao patrimônio e aos serviços públicos aos prejuízos diretos em unidades habitacionais, chegou-se aos percentuais de 38% para a Infraestrutura Pública, e 16% para os serviços essenciais.

Comparando estes percentuais com os sugeridos por James e Lee apud Canholi (2005), de 34% e 10% respectivamente, considerou-se adequada a correlação e a quantificação de prejuízos públicos a partir dos prejuízos residenciais diretos calculados.

Aplicando os fatores de 38% para os prejuízos à infraestrutura pública, e 16% para prejuízos aos serviços essenciais, foram encontrados os valores, discriminados por Tempo de Recorrência.

✓ **Limpeza das Edificações Atingidas - Valor do Tempo**

Este item considera o tempo dispendido pela população para a limpeza de suas residências. O cálculo para essa quantificação considera o tempo dispendido em homens/hora/m² para a limpeza de edificações, conforme a altura final do evento de inundação, e o valor do tempo das pessoas que executaram o serviço (PENNING-ROSWELL e CHATTERTON, 1977).

A formulação para esta quantificação é a que segue:

$$\text{Custo de Limpeza de Residências} = \frac{RMF}{MR} \times \frac{ES}{NH} \times TL \times AIC$$

Onde:

RMF: Renda Média Familiar (R\$)

MR: Quantidade de moradores por residência

ES: Encargos Sociais (média de 95% = 1,95)

NH: Número de horas trabalhadas por mês (168 horas)

TL: Tempo de Limpeza (horas/m²/pessoa)

AIC: Área Inundada construída (m²)

⁵ Ibid.

O tempo de limpeza é definido de acordo com altura de inundação, conforme pode ser visto no Quadro 66:

Quadro 66 - Tempo de Limpeza em áreas edificadas

ALTURA DA INUNDAÇÃO (M)	HORAS/M ² /PESSOA
0,50 a 0,75	0,25
0,75 a 1,00	0,5
1 a 1,5	1
1,5 a 2	3
2 a 3,5	5

Fonte: Adaptado de Penning-Roswell e Chatterton - 1977

Para a adaptação destas alturas às classes adotadas neste estudo, foram adotados os seguintes valores ponderados:

- **Classe 1** (até 1 metro): 0,375 horas/m²/pessoa
- **Classe 2** (entre 1 e 2,5 metros): 2 horas/m²/pessoa
- **Classe 3** (entre 2,5 e 3 metros): 4 horas/m²/pessoa
- **Classe 4** (maior que 3 metros): 5 horas/m²/pessoa

A partir dos dados disponibilizados pelo IBGE⁶, foi possível quantificar a renda média e a quantidade de moradores por residência, conforme já demonstrado no :

Quadro 67 - Renda média mensal e média de moradores por residência

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO ¹	RENDA MÉDIA MENSAL ²	MÉDIA DE MORADORES POR RESIDÊNCIA
Alvorada	208.177	R\$ 2.155,10	3,46
Cachoeirinha	127.318	R\$ 2.342,50	3,28
Gravataí	275.146	R\$ 2.904,70	3,34
Porto Alegre	1.487.941	R\$ 3.935,40	2,93
Obs: A Renda Média mensal foi calculada a partir do Salário Mínimo Nacional de 2017, de R\$ 937,00			

Fontes: 1. IBGE-População Estimada 2017; 2. IBGE- Estatísticas do Cadastro Central de Emp.2015

✓ Avaliação Econômica do Cenário 0 - Sem Crescimento (Situação Atual Projetada)

Este item tem por objetivo analisar o prejuízo total, ao longo do horizonte de estudo, do **Cenário 0**, ou seja, sem intervenções para a mitigação dos efeitos das inundações do Rio Gravataí.

Nesta primeira análise, será considerada a estabilização populacional e da urbanização nas áreas atingidas, ou seja, sem crescimento nos próximos trinta anos.

Primeiramente, somaram-se todos os prejuízos totais obtidos nas quantificações realizadas nos itens anteriores.

⁶ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>

Em seguida, modelou-se uma equação logarítmica, utilizando os prejuízos calculados dos tempos de recorrência como base, para estimar os custos com os eventos de cheias ao longo do tempo, bem como sua equação exponencial equivalente para o cálculo da probabilidade da magnitude dos custos causados pelas manchas de inundação:

Para o cálculo do Prejuízo Estimado Anual, foi necessário contabilizar todos os prejuízos esperados até o Tempo de Recorrência máximo considerado, de 100 anos, conforme suas probabilidades correspondentes.

A equação utilizada é a que segue:

$$\text{Prejuízo Anualizado} = \frac{\sum_i^J (P_{i-1} + P_i)}{2 \times (C_i - C_{i-1})}$$

Onde:

P: Probabilidade entre 0 e 1;

C: Prejuízo Total.

Por fim, calculou-se este prejuízo estimado ao longo do horizonte do estudo de 30 anos a iniciar em 2018, a valores presentes, utilizando taxas de 6% a.a. e 12% a.a.

O resultado sem intervenções para mitigação dos efeitos das inundações nas áreas estudadas nos próximos 30 anos é de um **prejuízo total para este cenário sem crescimento será de R\$ 2,61 bilhões, a uma taxa de 12%, ou de R\$ 4,47 bilhões, a uma taxa de 6%.**

✓ **Avaliação Econômica do Cenário 0 - Com Crescimento**

A partir dos novos resultados das áreas com risco de inundações considerando a expansão urbana, foi calculada a taxa de crescimento ao Prejuízo Estimado Total calculado a partir do cálculo dos prejuízos nesse novo cenário.

Para a definição desta taxa de crescimento, primeiramente foram remodeladas as manchas de inundação para todos os Tempos de Recorrência tomando como base o crescimento das áreas urbanas atingidas pelos eventos de cheias.

Em resumo, o aumento das áreas totais edificadas, a melhora gradativa dos padrões construtivos, a maior oferta de infraestrutura e serviços públicos, e a maior impermeabilização do solo na planície de inundação do Rio Gravataí resultam no aumento das manchas de inundação pela impossibilidade de absorção desta pelo terreno, e por consequência, nos prejuízos totais estimados por Tempo de Recorrência.

Oteve-se uma taxa de crescimento de 2,05% a.a. para o prejuízo anualizado, considerando assim a alteração gradativa no uso do solo até atingir o cenário urbano do 30º ano.

Conclui-se então que, considerando o crescimento gradual da mancha urbana, e consequente alteração no uso do solo, o prejuízo total para a Bacia do Rio Gravataí para o **Cenário 0** será de **R\$ 3,06 bilhões a uma taxa de desconto de 12% a.a., ou R\$ 5,59 bilhões a uma taxa de 6% a.a..**

3.9.2 Análise Econômica do Cenário 1

Neste Cenário, é proposta a desapropriação de parte das unidades residenciais, comerciais e industriais atingidas periodicamente pelos eventos de cheias na Bacia do Rio Gravataí.

Para a definição de áreas onde será feito o processo de remoção das edificações atingidas, foi realizado um zoneamento, tomando como base as manchas de inundação com tempos de recorrência de 5 a 100 anos.

As áreas onde ocorrerão as desapropriações foram definidas como Zonas de Passagem de Cheias, e os locais que ainda conviverão com os eventos de inundação estarão em Zonas com Restrição de Ocupação.

Em seguida, para as edificações localizadas na área de convivência das cheias, chamada de Zona com Restrição de Ocupação foi quantificado, de forma análoga ao **Cenário 0**, os prejuízos diretos e indiretos causados pelas manchas de inundação nos Tempos de Recorrência de 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

A análise econômica foi realizada considerando a taxa de crescimento da mancha para o período de estudo, de 30 anos, já detalhada na análise do **Cenário 0**.

O prejuízo remanescente no **Cenário 1** é de **R\$ 0,95 bilhão dada uma taxa de desconto de 12% a.a. ou R\$ 1,73 bilhão a uma taxa de 6% a.a..**

3.9.3 Análise Econômica do Cenário 2

Neste Cenário, é proposto um conjunto de obras no Rio Gravataí para a mitigação do efeito das cheias. Além destas, é proposto um zoneamento, de forma análoga ao **Cenário 1**, para as áreas onde ainda haverá zonas de inundação residuais.

Para a definição de áreas onde será feito o processo de remoção das edificações atingidas, foi realizado um zoneamento, tomando como base as manchas de inundação com tempos de recorrência de 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

Analogamente ao **Cenário 1**, as áreas onde ocorrerão as desapropriações foram definidas como **Zonas de Passagem de Cheias**, e os locais que ainda conviverão com os eventos de inundação estarão em **Zonas com Restrição de Ocupação**.

A análise econômica foi realizada considerando a taxa de crescimento da mancha para o período de estudo, de 30 anos, já detalhada na análise do **Cenário 0**.

O prejuízo remanescente no **Cenário 2** é de **R\$ 142,3 milhões dada uma taxa de desconto de 12% a.a. ou R\$ 259,8 milhões a uma taxa de 6% a.a..** Ver Quadro 68 abaixo:

✓ **Comparativo entre Cenários**

Quadro 68 - Comparativo de Prejuízos entre Cenários

PARÂMETRO	BACIA DO RIO GRAVATAÍ
Prejuízo Anualizado - Cenário 0	R\$ 324.817.907
Prejuízo Anualizado - Cenário 1	R\$ 100.624.684
Prejuízo Anualizado - Cenário 2	R\$ 15.092.270
Prejuízo Total - VP 12% a.a. - Cenário 0	R\$ 3.064.208.254
Prejuízo Total - VP 12% a.a. - Cenário 1	R\$ 949.254.888
Prejuízo Total - VP 12% a.a. - Cenário 2	R\$ 142.374.724
Prejuízo Total - VP 6% a.a. - Cenário 0	R\$ 5.591.412.100
Prejuízo Total - VP 6% a.a. - Cenário 1	R\$ 1.732.152.265
Prejuízo Total - VP 6% a.a. - Cenário 2	R\$ 259.798.188

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

A avaliação econômica do projeto foi realizada através da obtenção das figuras de mérito, tais como: Taxa Interna de Retorno Econômico (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e a relação Benefício/Custo (B/C), obtidas a partir da confrontação dos benefícios e custos, apresentados nos fluxos de caixa, tendo como base os cenários sem projeto (**Cenário 0**) e com projeto (**Cenários 1 e 2**).

- **Valor Presente Líquido (VPL)**

É a soma de todas as receitas e despesas ocorridas no período de análise, cada uma delas descontada para o presente pela taxa de juros adotada (12% ao ano).

Caso esse valor resulte maior do que de zero, significa que os benefícios auferidos durante o período de análise serão suficientes para cobrir todos os investimentos e as despesas operacionais.

- **Taxa Interna de Retorno (TIR)**

Em termos de cálculo, é a taxa de juros que anula o Valor Presente Líquido. Equivale a máxima taxa de juros que se pode pagar por um empréstimo para o empreendimento, e assegurar seu equilíbrio durante o período de projeto. Assim, se a TIR resultar acima das taxas de juros do mercado ou do custo de oportunidade do capital (12% a.a.), o empreendimento é atrativo.

- **Relação Benefício/Custo (B/C)**

Dado pelo quociente entre o valor presente da sequência de receitas ou benefícios e o da sucessão de custos. Quando a razão B/C exceder a unidade, o valor presente do projeto, como anteriormente definido, é positivo.

O custo total de investimento, levantado a preços de mercado, foi então transformado a preços econômicos a partir dos fatores de conversão do BID, por tipo de serviço. Foi adotado o fator médio de 84,09% e aplicados nos Fluxos de Caixa.

Os fluxos de caixa de investimento apresentados no Produto 13, mostram os resultados da análise, onde se verificou que os investimentos do **Cenário 1 e 2** mostraram-se **viáveis a preços econômicos** considerando as premissas adotadas e a taxa de desconto do estudo de 12%. O Quadro 69 resume os resultados dos cenários 1 e 2.

Quadro 69 - Comparativo de Critérios Econômicos de Avaliação entre Cenários

CRITÉRIO DE ANÁLISE ECONÔMICA	VPL DIFERENÇA ENTRE BENEFÍCIO E CUSTO DAS INTERVENÇÕES	TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)	BENEFÍCIO / CUSTO (B/C)
Cenário 1	R\$ 1.162.622.451,00	49,47%	3,58
Cenário 2	R\$ 1.890.273.012,00	105,79%	9,58

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Mitigação dos Prejuízos com a Adoção de Diques no Cenário 2

O objetivo foi permitir uma comparação direta entre os custos de investimento, operação e manutenção de tal obra com os prejuízos evitados quantificados e apresentados. Calculando-se o prejuízo evitado por cada dique, se puderam realizar os fluxos de caixa e cálculo de benefício custo de cada obra.

Os indicadores dos fluxos de caixa das obras propostas são apresentados no Quadro 70.

Quadro 70 - Resultado dos Critérios Econômicos de Avaliação das obras propostas

DIQUES	VPL DIFERENÇA ENTRE BENEFÍCIO E CUSTO DAS INTERVENÇÕES (R\$)	TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)	BENEFÍCIO / CUSTO (B/C)
Diques de Porto Alegre	R\$ 292.961.932,00	51,49%	3,78
Dique Cachoeirinha	R\$ 148.729.761,00	91,75	6,68
Dique Gravataí	R\$ 104.533.200,00	44,84%	3,30

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Diante do exposto nessa análise, ficam demonstradas as possibilidades de viabilidade econômica das intervenções propostas em termos globais (por cenário) e locais (obras), considerando a análise pelo Fluxo de Caixa Descontado, segundo os parâmetros estabelecidos.

O respaldo para essa afirmação foi dado pelos indicadores econômicos calculados a partir do fluxo de caixa das Alternativas propostas, onde se ressalta a Taxa Interna de Retorno (TIR) bem superior ao 12,0% esperado, conforme mostrado anteriormente.

3.9.4 Análise Econômica das Estiagens

Os municípios que fazem parte da Bacia do Rio Gravataí e todo o estado do Rio Grande do Sul, há décadas, sofrem com efeitos de eventos naturais, principalmente, os relativos a extremos climáticos. Neste sentido, este capítulo busca quantificar o valor da perda monetária, como resultado, especificamente, da estiagem na área de estudo.

O tema, apesar de recorrente na pauta dos meios de comunicação e nas interpretações dos economistas sobre o crescimento da economia gaúcha, ainda não possui quantidade substancial de estudos acadêmicos, especialmente aqueles de cunho quantitativo.

Na ausência de evidências empíricas do tamanho do impacto dos eventos de estiagem, estimar o efeito parcial do evento é tarefa altamente incerta, fazendo com que a análise se restrinja a percepções meramente subjetivas do analista.

O objetivo desta análise é, portanto, valorar o impacto dos eventos de estiagem nos municípios que fazem parte da Bacia do Rio Gravataí em dois cenários, a saber: (a) um cenário de referência, para comparação, definido pelo impacto da estiagem no PIB municipal e (b) um cenário “zero” de projeto (ou de manutenção da situação atual) que busca, através de estudos de déficit do abastecimento de água para a população, valorar em termos monetários este déficit.

Para atingir o objetivo expresso acima, utilizaram-se três metodologias, a saber: duas de viés econômico para o cenário de referência ou de comparação e uma que utiliza dados oriundos das informações de captação de água na Bacia e modelagem hidrológica de 50 anos estendida para 300 anos.

As duas metodologias utilizadas para construir o cenário de referência do projeto são assim caracterizadas: (a) metodologia de dados em painel para os 496 municípios do RS, no período compreendido entre 2002 e 2011 e (b) metodologia da abordagem multissetorial mediante a aplicação de um modelo de insumo-produto regional.

Para as abordagens metodológicas descritas acima, se buscaram a utilização de trabalhos científicos seminais, como os apresentados por Colombo e Pessoa (2013)⁷ e Fochezatto e Grando (2009)⁸, além de proceder ajustes nos resultados destes trabalhos, para o presente estudo, através de informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES.

Os principais aspectos metodológicos do cenário de referência ou de comparação, oriundos dos trabalhos de Colombo e Pessoa (2013) e Fochezatto e Grando (2009) são apresentados a em detalhe no Produto 13.

- **Modelo de Colombo e Pessoa:** Este estudo utilizou informações dos 496 municípios que compõem o RS, no período 2002-2011. Este período representa a composição municipal política atual do RS, dado que houve, desde 1988 até 2001, um movimento massificado de emancipações no RS.
- **Modelo Fochezatto e Grando:** Este modelo foi desenvolvido considerando a noção de agronegócio e usando-se a matriz de insumo-produto⁹. Neste sentido foi possível calcular os efeitos diretos e indiretos da produção agropecuária, sob efeito da estiagem, sobre os demais setores econômicos e sobre o conjunto da economia estadual.

⁷ Impacto econômico dos eventos de estiagem: evidências a partir dos municípios do Rio Grande do Sul, FEE, 2013.

⁸ Efeitos da estiagem na economia do Rio Grande do Sul: uma abordagem multissetorial, FEE, 2009.

⁹ Há uma vasta literatura sobre modelos de insumo-produto nacionais e regionais. Para o leitor interessado em aprofundar seus conhecimentos sobre esses modelos sugerimos o manual da ONU, Handbook of input-output table compilation and analysis (1999) e o livro de Miller e Blair, Input-output analysis: foundations and extensions (1985).

✓ **Resultados Modelo Colombo e Pessoa**

A ocorrência de eventos recorrentes de estiagem implica um ônus econômico extremamente alto, em especial para populações mais pobres e vulneráveis a esses eventos.

No caso do Rio Grande do Sul, estimou-se que a ocorrência de estiagem gera uma redução de **9,2 pontos percentuais (9,2%)** na variação do produto per capita dos municípios, em média, após controle para diversas outras variáveis que podem afetar a variação do PIB.

✓ **Resultados Modelo Fochezatto e Grando**

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da estiagem de 2008 sobre a economia do Rio Grande do Sul.

A análise não se deteve apenas nos efeitos da estiagem sobre o setor primário e abordou o tema de forma sistêmica levando em conta o agronegócio como um todo e os demais setores econômicos através de um modelo multissetorial, construído a partir da matriz de insumo-produto do Rio Grande do Sul.

Os resultados indicam que, caso não tivesse havido estiagem em 2008, o Produto Interno Bruto gaúcho poderia ter crescido **2,1 pontos percentuais (2,1%)** a mais que a taxa observada (3,8%), alcançando o patamar de 5,9%.

✓ **Resultados Modelagem Hidrológica para Avaliação do Déficit Hídrico**

Os resultados das simulações através de modelagem hidrológica e posterior balanço hídrico com a avaliação do déficit hídrico nos pontos de captação da bacia para abastecimento público, **com a implantação das obras no Banhado Grande** são apresentados no Quadro 71.

O resultado em termos de déficit por habitante no cenário **sem obras** no Banhado Grande (C0) é de 25.048 hab/ano considerando 50% da Q_{90%} como vazão máxima outorgável, ou seja, um valor superior aos 21.760 hab/ano do **Cenário 1** que também teve como vazão outorgável 50% da Q_{90%}, no entanto **com as obras** do Banhado implementadas.

Quadro 71 - População Impactada: Déficit Hídrico para Cenários 1 até 5 (com as obras no B.G.)

CENÁRIOS	DÉFICIT HABITANTE
	(hab/ano)
Cenário 1 - 50% da Q _{90%}	21.760
Cenário 2 - 40% da Q _{90%}	45.317
Cenário 3 - 60% da Q _{90%}	12.390
Cenário 4 - 65% da Q _{90%}	8.298
Cenário 5 - 70% da Q _{90%}	4.456

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Após os procedimentos adotados no item anterior foram realizados cenários, para o horizonte de projeto, com variações na vazão máxima outorgável.

Assim, no Produto 13 foram apresentados os fluxos econômicos anuais resultantes das simulações, em valores nominais, valores presentes (VP) e em VPL (Valor Presente Líquido), considerando uma taxa de desconto de 12% a.a. para cada um dos cenários de outorga na bacia.

Desta forma, chegou-se aos resultados de prejuízos de cada cenário de outorga para o horizonte de 30 anos apresentados no Quadro 72.

Quadro 72 - Resultados do VPL do Prejuízo de cada Cenário de Outorga na Bacia

CENÁRIOS	VPL DO PREJUÍZO
	(R\$)
Cenário 0 - 50% da Q90% (sem obras Banhado)	398.166.015,16
Cenário 1 - 50% da Q90% (com obras Banhado)	345.893.962,15
Cenário 2 - 40% da Q90% (com obras Banhado)	720.360.733,87
Cenário 3 - 60% da Q90% (com obras Banhado)	196.951.905,30
Cenário 4 - 65% da Q90% (com obras Banhado)	131.905.319,63
Cenário 5 - 70% da Q90% (com obras Banhado)	70.832.743,34

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Após o estudo apresentado acima referente aos limites outorgáveis e a projeção dos cenários em que uma parcela da população não é atendida, foram desenvolvidos fluxos econômicos relacionados e com as seguintes características:

- organizou-se uma base de dados com os **PIB's municipais**, da área de influência direta do projeto, para o ano de 2015, utilizando dados da Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul - FEE/RS;
- estabeleceram-se os **valores do impacto de estiagem nos PIB's municipais**, pela média dos valores dos trabalhos sobre estiagem da FEE/RS (trabalhos de Colombo e Pessoa; e Fochezatto e Grando);
- estabeleceu-se as **estimativas populacionais** (2016) dos municípios de projeto¹⁰;
- produziram-se os **valores monetários da estiagem em termos de prejuízo per capita** para área do projeto;
- multiplicaram-se os valores obtidos do item anterior (d) pelos resultados populacionais oriundos do balanço hídrico; e
- projetaram-se cenários da valoração monetária do efeito da estiagem, levando em conta taxas de crescimento do PIB aceitos pela Empresa de Pesquisa Elétrica - EPE, para 2016 - 2020, fruto de pesquisas realizadas junto a base de dados do Fundo Monetário Internacional - FMI e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

Em sequência, o Quadro 73 apresenta as variáveis consideradas para a estimativa do Prejuízo da Estiagem per capita médio, com base no impacto estimado pelos estudos sobre estiagem da FEE/RS.

¹⁰ Disponível em: <https://www.fee.rs.gov.br/perfil-socioeconomico/municipios/>

Quadro 73 - Parâmetros Metodológicos

MUNICÍPIO	PIB - SEM ESTIAGEM (FEE-2015)	PIB - COM ESTIAGEM TAXA DE IMPACTO 5,65%	PREJUÍZO TOTAL SOBRE O PIB	POPULAÇÃO ESTIMATIVA FEE 2016	PREJUÍZO DA ESTIAGEM PER CAPITA
Alvorada	R\$ 2.345.100.880	R\$ 2.212.602.680	R\$ 132.498.200	211.082	R\$ 627,71
Cachoeirinha	R\$ 5.983.056.759	R\$ 5.645.014.052	R\$ 338.042.707	130.255	R\$ 2.595,24
Canoas	R\$ 16.244.020.902	R\$ 15.326.233.721	R\$ 917.787.181	352.097	R\$ 2.606,63
Glorinha	R\$ 358.268.357	R\$ 338.026.195	R\$ 20.242.162	7.471	R\$ 2.709,43
Gravataí	R\$ 9.730.603.904	R\$ 9.180.824.783	R\$ 549.779.121	274.329	R\$ 2.004,09
Porto Alegre	R\$ 68.117.224.432	R\$ 64.268.601.252	R\$ 3.848.623.180	1.479.277	R\$ 2.601,69
Santo Antônio da Patrulha	R\$ 1.063.058.966	R\$ 1.002.996.134	R\$ 60.062.832	42.934	R\$ 1.398,96
Viamão	R\$ 3.238.813.529	R\$ 3.055.820.565	R\$ 182.992.964	252.287	R\$ 725,34
TOTAL	R\$ 107.080.147.729	R\$ 101.030.119.382	R\$ 6.050.028.347	2.749.732	R\$ 2.200,22

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Mitigação dos Prejuízos com a Adoção da Política de Gestão dos Recursos Hídricos

O objetivo foi permitir uma comparação direta entre os custos de investimento, operação e manutenção de tal política com os prejuízos evitados quantificados e apresentados.

Calculando-se o prejuízo evitado, se pôde realizar o fluxo de caixa e cálculo de benefício custo. Os indicadores dos fluxos de caixa dos cenários de outorga são apresentados no Quadro 74.

Quadro 74 - Resultado dos Critérios Econômicos de Avaliação das obras propostas

Cenário	VPL Diferença entre Benefício e Custo das Intervenções (R\$)	Taxa Interna de Retorno (TIR)	Benefício / Custo (B/C)
Cenário 1	10.457.097,00	29,70%	1,29
Cenário 2	- 325.863.367,00	< 0%	-7,93
Cenário 3	144.226.673,00	261,96%	4,95
Cenário 4	202.647.071,00	363,70%	6,55
Cenário 5	257.498.285,00	459,23%	8,06

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Os fluxos de caixa de investimento apresentados nos quadros acima, mostram os resultados da análise, onde se verifica que a regulação das outorgas se mostram **viáveis a preços econômicos tanto no Cenário Atual como Cenário com Obras no Banhado, com exceção da Alternativa 2** que se mostrou inviável, considerando as premissas adotadas e a taxa de desconto do estudo de 12%.

Conforme se pode verificar nos quadros das alternativas a apuração dos resultados dos fluxos de caixa demonstra que há viabilidade de implementação da Política de Gestão proposta na maioria das alternativas, do ponto de vista econômico.

3.10 ANÁLISE MULTICRITÉRIO E CENÁRIO CONSOLIDADO

O Produto 14 - Consolidação do Conjunto de Intervenções teve por objetivo geral selecionar o conjunto de medidas estruturais e não-estruturais a serem implantadas para o controle dos eventos de cheias e estiagens na Bacia. As intervenções são apresentadas segundo a escolha de alternativas multicritérios.

Os objetivos específicos da Análise Multicritério e Cenário Consolidado são:

- Apresentar a análise multicritério para a escolha das intervenções a serem consolidadas, considerando os aspectos econômico, social, técnico e ambiental.
- Apresentar os anteprojetos de engenharia das intervenções consolidadas.
- Apresentar o zoneamento de inundações consolidado e integrado às demais intervenções e legislações.
- Apresentar o sistema de monitoramento previsão e alerta consolidado.
- Apresentar o seguro de cobertura de inundações consolidado.
- Apresentar as soluções para a questão ambiental com o memorial de cada problema identificado e suas medidas de forma consolidada.
- Apresentar como anexo da consolidação as plantas dos projetos de engenharia e de recuperação ambiental, o memorial descritivo, a memória de cálculo e os quantitativos e orçamentos.

A análise multicritério visa quantificar e ponderar as diferentes componentes decisórias para a avaliação e decisão do conjunto de alternativas que melhor atendem as demandas das populações vulneráveis. Uma vez analisadas, se consolidam as intervenções escolhidas e é dado o seu encaminhamento quanto à sua exequibilidade em termos de prazo e custos.

No que tange a análise multicritério, a complexidade verificada decorrente do aumento do número de informações e da necessidade de utilizá-las no processo decisório fez com que surgissem novos métodos para a escolha da melhor alternativa na tentativa de alcançar maior assertividade nas tomadas de decisão.

Neste sentido, métodos multicritérios de tomada de decisão surgiram como métodos de apoio que são vistos como ferramentas matemáticas, eficazes para resolução de problemas em que existem critérios conflitantes (Brans & Mareschal, 2005).

Tais métodos fornecem ao usuário uma classificação e ranqueamento das intervenções candidatas (Saaty, 1991; Saaty & Vargas, 2012).

Para Vincke (1992), a vantagem da utilização de métodos multicritérios ocorre pelo fato de que não há, em geral, decisões que sejam simultaneamente ótimas sob todos os pontos de análise, fazendo com que ocorra desta forma, a seleção da melhor opção possível.

A análise multicritério levou em consideração a apreciação dos **Cenários 0, 1 e 2** de forma global, ou seja, considerando todas as intervenções propostas na bacia em cada cenário, consolidando tanto as intervenções com viés para as cheias, quanto para estiagens e recuperação ambiental.

Dessa forma, se pôde avaliar a possível viabilidade global, em que, mesmo intervenções aparentemente menos vantajosas num aspecto econômico, talvez possam ser viabilizadas num contexto geral.

Desta forma, no caso de uma região protegida por sistema de proteção composto por dique e estação de bombeamento, a análise é apresentada considerando os benefícios que tal região terá no caso da implantação do sistema de proteção estrutural, ou no caso do zoneamento e consequente desapropriação da população, sendo também comparada ao cenário tendencial de convivência (C0).

No presente relatório a Bacia do Gravataí passa a ser dividida em:

- Global:
 - o Unidade global de avaliação de cheias - Bacia do Rio Gravataí;
 - o Unidade global de avaliação de estiagens - Bacia do Rio Gravataí.
- Individual:
 - o Unidade de avaliação da região das áreas degradadas;
 - o Unidade de avaliação da região impactada pelas cheias em Porto Alegre;
 - o Unidade de avaliação da região impactada pelas cheias em Cachoeirinha;
 - o Unidade de avaliação da região impactada pelas cheias em Gravataí.

3.10.1 Análise Multicritério

No contexto de uma análise multicritério a seleção de cenários é facilitada pela avaliação de cada escolha dentro de um grupo de critérios. Tais critérios devem ser mensuráveis, mesmo que em uma escala nominal (sim/não) e os resultados de cada ação devem ser quantificados para cada cenário.

A lista de critérios provê a base para a comparação das escolhas e consequentemente facilita a seleção satisfatória. Cada cenário proposto é composto por um grupo de escolhas que, dentro da sua filosofia individual, visa mitigar os impactos dos efeitos das cheias dentro das áreas do escopo na bacia.

Em comparação à simples análise econômica, o principal mérito de uma análise multicritério é que tal provê um método explícito de se levar em consideração os impactos de projetos que não poderiam ser avaliados em pecúnia facilmente (elementos intangíveis).

A partir de uma lista de critérios desenvolve-se um método para ranquear tais cenários.

Cada cenário proposto apresenta um desempenho distinto nos diferentes quesitos analisados.

A análise multicritério consiste em ponderar esta série de quesitos e obter um *score* global e, a partir de tal, pode-se considerar qual cenário é o recomendado para cada caso.

A lista de critérios considerados na análise contempla, além da análise econômica, aspectos sociais e ambientais, assim como elementos logísticos para o planejamento urbano.

Os critérios estão assim agrupados em grandes áreas:

Critérios Econômicos: aqueles que demandam investimento financeiro inicial para implantação ou ao longo do horizonte de projeto para a operação e manutenção ou ainda que mostrem os prejuízos para implantação do Cenário. Podem vir de grandezas numéricas ou análise nominal;

Critérios Sociais: aqueles que impactam diretamente na qualidade de vida da população, principalmente naquelas mais vulneráveis;

Critérios Ambientais: aqueles que impactam diretamente no ecossistema regional ou na qualidade de água;

Critérios Logísticos ou Operacionais: aqueles que avaliam a operacionalidade do sistema a ser implantado como um todo, inclusive aqueles que dependem indiretamente da qualidade e capacitação da gestão municipal ou regional.

Na falta de metodologia mais adequada, os pesos de cada área foram definidos pela equipe técnica na tentativa de atender as expectativas apresentadas durante as diversas reuniões realizadas pelo grupo de trabalho.

Foram considerados os seguintes pesos, conforme Quadro 75.

Quadro 75 - Pesos atribuídos para cada área

CRITÉRIOS	PESO
Econômicos	35%
Sociais	45%
Ambientais	10%
Logísticos ou Operacionais	10%
Total	100%

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Os seguintes critérios foram elencados como significativos para a análise multicritério:

✓ **Critérios Econômicos**

- Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação (VPC);
- Interferências em atividades econômicas;
- Interferências com a infraestrutura existente (implantação).

✓ **Critérios Sociais**

- Desapropriação / Reassentamento de população;
- Prejuízos remanescentes;
- Conflitos nos usos do solo e da água;
- Risco de vida.

✓ **Critérios Ambientais**

- Alteração no regime e na qualidade de água;
- Interferências em áreas de proteção ambiental;
- Remoção de cobertura vegetal.

✓ **Critérios Logísticos ou Operacionais**

- Interferência com os serviços públicos (eventos);
- Operação e manutenção.

Para a realização da análise os cenários serão avaliados na sua relação entre si, apenas. São apresentadas notas normalizadas de 0 a 1 para cada critério, sendo que:

- 0 (zero) representa a pior desempenho entre os Cenários;
- 1 (um) representa a melhor performance entre os Cenários;
- Valores entre 0 e 1 significam performance intermediária.

Cada critério apresenta um peso diferente de acordo com os valores e percepção da sociedade contida na bacia.

O peso atribuído para cada critério pode ser qualquer número de 1% a 99%. Quanto maior o número maior sua importância para a sociedade. A soma de todos os pesos atribuídos aos critérios será sempre 100%.

A nota global dada a cada alternativa é constituída por:

$$N_{C(x)} = \sum_{i=1}^n P_i * N_i C_{(x)}$$

Onde:

$N_{C(x)}$ = nota global do Cenário x;

n = número de critérios;

i = um certo critério;

P_i = peso do critério i;

$N_i C_{(x)}$ = nota do critério i para o Cenário x;

A alternativa que apresentar a maior nota global é considerada a mais vantajosa dentro dos critérios apresentados.

Cada um dos critérios tem as considerações realizadas em maior detalhe no Produto 14.

✓ Pesos

Abaixo no Quadro 76 são apresentados os pesos finais utilizados para cada critério de avaliação dos Cenários.

Quadro 76 - Pesos atribuídos para cada critério de avaliação

Crítérios	Peso
Econômicos	
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação (VPL)	30%
Interferências em atividades econômicas	2%
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	3%
Subtotal	35%
Sociais	
Desapropriação / Relocação de população	15%
Conflitos nos usos do solo e da água	5%
Prejuízos remanescentes	15%
Risco de vida	10%
Subtotal	45%
Ambientais	
Alteração no regime e na qualidade de água	2%
Interferências em áreas de proteção ambiental	4%
Remoção de cobertura vegetal	4%
Subtotal	10%
Logísticos ou Operacionais	
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	2%
Operação e manutenção	8%
Subtotal	10%
Total	100%

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ **Unidade Global de Avaliação de Cheias - Bacia do Rio Gravataí**

Os critérios acima descritos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0, 1 e 2, considerando todas as alternativas constantes em cada um deles.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso dos cenários 1 e 2 e os custos de prejuízos remanescentes nos três cenários foram contabilizados no item VPL.

O Quadro 77 apresenta os resultados da análise.

Quadro 77 - Análise Multicritério Global Cheias - Bacia do Rio Gravataí

Critério	Grandezas			Normalização			Pesos	Ponderação		
	C0	C1	C2	C0	C1	C2		C0	C1	C2
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e prejuízos remanescentes (VPL) (R\$)	3.451.842.431	1.948.591.455	1.220.940.894	0,35	0,63	1,00	0,30	0,11	0,19	0,30
Interferências em atividades econômicas	0,0	0,6	1,0	0,00	0,60	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	0,6	0,3	1,00	0,60	0,30	0,03	0,03	0,02	0,01
Desapropriação / Relocação de população (nº edificações)	0	2.651	148	1,00	0,00	0,94	0,15	0,15	0,00	0,14
Conflitos nos usos do solo e da água	0,0	1,0	0,9	0,00	1,00	0,90	0,05	0,00	0,05	0,05
Prejuízos remanescentes (nº edificações)	9.079	8.782	1.066	0,12	0,12	1,00	0,15	0,02	0,02	0,15
Risco de vida	0,0	0,8	1,0	0,00	0,80	1,00	0,10	0,00	0,08	0,10
Alteração no regime e na qualidade de água	0,0	1,0	1,0	0,00	1,00	1,00	0,02	0,00	0,02	0,02
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,0	1,0	1,0	0,00	1,00	1,00	0,04	0,00	0,04	0,04
Remoção de cobertura vegetal	0,8	1,0	0,6	0,80	1,00	0,60	0,04	0,03	0,04	0,02
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	0,5	1,0	0,00	0,50	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Operação e manutenção	1,0	0,5	0,0	1,00	0,50	0,00	0,08	0,08	0,04	0,00
TOTAL								0,42	0,52	0,87

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Tendo em vista a melhor pontuação do **Cenário 2**, tem-se um indicador de que há viabilidade de implementação de todas as soluções constantes em tal cenário em termos globais.

Pode-se interpretar, que mesmo que haja alguma solução no **Cenário 2** que não seja viável de forma independente, quando considerado o contexto geral, se constata sua viabilidade.

Nos subcapítulos seguintes, serão analisadas as regiões de forma independente aumentando o grau de detalhamento da presente análise, para que se possa tomar a melhor decisão em termos econômicos, sociais, ambientais e operacionais.

✓ **Unidade de Avaliação da Região das Áreas Degradadas**

A presente avaliação leva em consideração a análise multicritério das obras propostas para a revitalização das áreas degradadas nas regiões de banhado do médio Gravataí. Foi comparada a proposta de obras, que contempla tanto o **Cenário 1** quanto o **Cenário 2**, à alternativa de manutenção do cenário tendencial (C0).

Pelo fato de tal solução ter um viés bastante diferente das demais soluções dadas para a mitigação dos prejuízos de cheias e estiagens, e devido ao caráter ambiental, optou-se por reavaliar os pesos utilizados nas análises gerais e já expostos anteriormente e aplica-los com certa variação na presente análise.

O Quadro 78 apresenta os pesos atribuídos na presente análise. Optou-se por tal mudança, uma vez que durante toda a duração do trabalho, em conversas formalizadas no grupo de trabalho, constatou-se a necessidade do enfoque para soluções ambientais nessa região; portanto, para retratar tais anseios, se deu mais peso aos critérios de caráter ambiental.

Quadro 78 - Pesos atribuídos para cada critério de avaliação para as áreas degradadas

Critérios	Peso
Econômicos	
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação (VPL)	30%
Interferências em atividades econômicas	2%
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	3%
Subtotal	35%
Sociais	
Desapropriação / Relocação de população	5%
Conflitos nos usos do solo e da água	10%
Prejuízos remanescentes	5%
Risco de vida	2%
Subtotal	32%
Ambientais	
Alteração no regime e na qualidade de água	15%
Interferências em áreas de proteção ambiental	15%
Remoção de cobertura vegetal	4%
Subtotal	34%
Logísticos ou Operacionais	
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia/estiagem)	2%
Operação e manutenção	7%
Subtotal	9%
Total	100%

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

O Quadro 79 apresenta os resultados da análise.

Quadro 79 - Análise Multicritério - Região das Áreas Degradadas

CRITÉRIO	GRANDEZAS		NORMALIZAÇÃO		PESOS	PONDERAÇÃO	
	C0	C1/C2	C0	C1/C2		C0	C1/C2
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e prejuízos remanescentes (VPL) (R\$)	0,0	3.696.067	1,00	0,00	0,30	0,30	0,00
Interferências em atividades econômicas	1,0	0,0	1,00	0,00	0,02	0,02	0,00
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	1,0	1,00	1,00	0,03	0,03	0,03
Desapropriação / Relocação de população	1,0	1,0	1,00	1,00	0,05	0,05	0,05
Conflitos nos usos do solo e da água	0,0	1,0	0,00	1,00	0,10	0,00	0,10
Prejuízos remanescentes	0,0	1,0	0,00	1,00	0,05	0,00	0,05
Risco de vida	1,0	1,0	1,00	1,00	0,02	0,02	0,02
Alteração no regime e na qualidade de água	0,0	1,0	0,00	1,00	0,15	0,00	0,15
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,0	1,0	0,00	1,00	0,15	0,00	0,15
Remoção de cobertura vegetal	0,0	1,0	0,00	1,00	0,04	0,00	0,04
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	1,0	1,0	1,00	1,00	0,02	0,02	0,02
Operação e manutenção	1,0	0,8	1,00	0,80	0,07	0,07	0,06
TOTAL						0,51	0,67

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Tendo em vista a melhor pontuação do cenário alternativo (C1/C2), tem-se um indicador de que há viabilidade de implementação da solução proposta para a recuperação das áreas degradadas nas regiões de banhado quando considerados os demais aspectos além dos econômicos.

✓ **Unidade de Avaliação da Região Impactada pelas Cheias em Porto Alegre**

Os critérios definidos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0, 1 e 2, na região do município de Porto Alegre onde foram propostas intervenções estruturais.

As soluções propostas em Porto Alegre foram analisadas de forma conjunta, uma vez que funcionam como uma solução integrada, portanto foram incorporados nos custos os valores presentes de implantação das obras do Dique Leste Sarandi, Dique Oeste Sarandi e a elevação do Dique da Vila Dique.

Foram comparados os três cenários, na região abrangida pela intervenção estrutural proposta no **Cenário 2**, ou seja: a área beneficiada pela obra, mantendo-se o Cenário Tendencial (C0) ou ainda, se fosse aplicado o zoneamento com desapropriação e implantação de parques.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso dos Cenários 1 e 2 e os custos de prejuízos remanescentes nos três cenários foram contabilizados no item VPC.

O Quadro 80 apresenta os resultados da análise.

Quadro 80 - Análise Multicritério Cheias - Região do Município de Porto Alegre

CRITÉRIO	GRANDEZAS			NORMALIZAÇÃO			PESOS	PONDERAÇÃO		
	C0	C1	C2	C0	C1	C2		C0	C1	C2
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e prejuízos remanescentes (VPL) (R\$)	532.914.077	341.258.884	105.408.294	0,20	0,31	1,00	0,30	0,06	0,09	0,30
Interferências em atividades econômicas	0,0	0,6	1,0	0,00	0,60	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	0,6	0,3	1,00	0,60	0,30	0,03	0,03	0,02	0,01
Desapropriação / Relocação de população (nº edificações)	0	475	656	1,00	0,28	0,00	0,15	0,15	0,04	0,00
Conflitos nos usos do solo e da água	0,0	1,0	0,9	0,00	1,00	0,90	0,05	0,00	0,05	0,05
Prejuízos remanescentes (nº edificações)	6.025	5.550	0	0,00	0,08	1,00	0,15	0,00	0,01	0,15
Risco de vida	0,0	0,8	1,0	0,00	0,80	1,00	0,10	0,00	0,08	0,10
Alteração no regime e na qualidade de água	0,8	1,0	0,9	0,80	1,00	0,90	0,02	0,02	0,02	0,02
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,5	1,0	1,0	0,50	1,00	1,00	0,04	0,02	0,04	0,04
Remoção de cobertura vegetal	0,8	1,0	0,6	0,80	1,00	0,60	0,04	0,03	0,04	0,02
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	0,5	1,0	0,00	0,50	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Operação e manutenção	1,0	0,5	0,0	1,00	0,50	0,00	0,08	0,08	0,04	0,00
TOTAL								0,39	0,45	0,73

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Tendo em vista a melhor pontuação do **Cenário 2**, tem-se um indicador de que há viabilidade de implementação da solução proposta para a região impactada pelas cheias no município de Porto Alegre.

✓ **Unidade de Avaliação da Região Impactada pelas Cheias em Cachoeirinha**

Os critérios definidos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0, 1 e 2, na região do município de Cachoeirinha onde foram propostas intervenções estruturais.

Foram comparados os três cenários, na região abrangida pela intervenção estrutural proposta no **Cenário 2**, ou seja: a área beneficiada pela obra, mantendo-se o Cenário Tendencial (C0) ou ainda, se fosse aplicado o zoneamento com desapropriação e implantação de parques.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso dos Cenários 1 e 2 e os custos de prejuízos remanescentes nos três cenários foram contabilizados no item VPC.

O Quadro 81 apresenta os resultados da análise.

Quadro 81 - Análise Multicritério Cheias - Região do Município de Cachoeirinha

CRITÉRIO	GRANDEZAS			NORMALIZAÇÃO			PESOS	PONDERAÇÃO		
	C0	C1	C2	C0	C1	C2		C0	C1	C2
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e prejuízos remanescentes (VPL) (R\$)	233.959.194	260.747.280	26.162.179	0,11	0,10	1,00	0,30	0,03	0,03	0,30
Interferências em atividades econômicas	0,0	0,6	1,0	0,00	0,60	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	0,6	0,3	1,00	0,60	0,30	0,03	0,03	0,02	0,01
Desapropriação / Relocação de população (nº edificações)	0	998	28	1,00	0,00	0,97	0,15	0,15	0,00	0,15
Conflitos nos usos do solo e da água	0,0	1,0	0,9	0,00	1,00	0,90	0,05	0,00	0,05	0,05
Prejuízos remanescentes (nº edificações)	3.181	2.183	0	0,00	0,31	1,00	0,15	0,00	0,05	0,15
Risco de vida	0,0	0,8	1,0	0,00	0,80	1,00	0,10	0,00	0,08	0,10
Alteração no regime e na qualidade de água	0,8	1,0	0,9	0,80	1,00	0,90	0,02	0,02	0,02	0,02
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,5	1,0	1,0	0,50	1,00	1,00	0,04	0,02	0,04	0,04
Remoção de cobertura vegetal	0,8	1,0	0,6	0,80	1,00	0,60	0,04	0,03	0,04	0,02
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	0,5	1,0	0,00	0,50	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Operação e manutenção	1,0	0,5	0,0	1,00	0,50	0,00	0,08	0,08	0,04	0,00
TOTAL								0,36	0,39	0,88

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Tendo em vista a melhor pontuação do **Cenário 2**, tem-se um indicador de que há viabilidade de implementação da solução proposta para a região impactada pelas cheias no município de Cachoeirinha.

✓ **Unidade de Avaliação da Região Impactada pelas Cheias em Gravataí**

Os critérios definidos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0, 1 e 2, na região do município de Gravataí onde foram propostas intervenções estruturais.

Foram comparados os três cenários, na região abrangida pela intervenção estrutural proposta no **Cenário 2**, ou seja: a área beneficiada pela obra, mantendo-se o Cenário Tendencial (C0) ou ainda, se fosse aplicado o zoneamento com desapropriação e implantação de parques.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso dos Cenários 1 e 2 e os custos de prejuízos remanescentes nos três cenários foram contabilizados no item VPC.

O Quadro 82 apresenta os resultados da análise.

Quadro 82 - Análise Multicritério Cheias - Região do Município de Gravataí

CRITÉRIO	GRANDEZAS			NORMALIZAÇÃO			PESOS	PONDERAÇÃO		
	C0	C1	C2	C0	C1	C2		C0	C1	C2
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e prejuízos remanescentes (VPL) (R\$)	200.620.616	107.086.743	45.437.096	0,23	0,42	1,00	0,30	0,07	0,13	0,30
Interferências em atividades econômicas	0,0	0,6	1,0	0,00	0,60	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	0,6	0,3	1,00	0,60	0,30	0,03	0,03	0,02	0,01
Desapropriação / Relocação de população (nº edificações)	0	184	134	1,00	0,00	0,27	0,15	0,15	0,00	0,04
Conflitos nos usos do solo e da água	0,0	1,0	0,9	0,00	1,00	0,90	0,05	0,00	0,05	0,05
Prejuízos remanescentes (nº edificações)	1.210	852	0	0,00	0,30	1,00	0,15	0,00	0,04	0,15
Risco de vida	0,0	0,8	1,0	0,00	0,80	1,00	0,10	0,00	0,08	0,10
Alteração no regime e na qualidade de água	0,8	1,0	0,9	0,80	1,00	0,90	0,02	0,02	0,02	0,02
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,5	1,0	1,0	0,50	1,00	1,00	0,04	0,02	0,04	0,04
Remoção de cobertura vegetal	0,8	1,0	0,6	0,80	1,00	0,60	0,04	0,03	0,04	0,02
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	0,5	1,0	0,00	0,50	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Operação e manutenção	1,0	0,5	0,0	1,00	0,50	0,00	0,08	0,08	0,04	0,00
TOTAL								0,40	0,48	0,77

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Tendo em vista a melhor pontuação do **Cenário 2**, tem-se um indicador de que há viabilidade de implementação da solução proposta para a região impactada pelas cheias no município de Gravataí.

3.11 Intervenções Selecionadas

A partir das análises multicritérios, globais e individuais, se pode observar que todas as intervenções estruturais propostas no **Cenário 2** se mostraram melhores alternativas à desapropriação e parcial convivência com cheias no **Cenário 1**, assim como, em relação ao Cenário Tendencial (C0).

Da mesma forma, na questão da recuperação das áreas degradadas, observou-se que uma vez levados em considerações os critérios ambientais, mesmo que de forma subjetiva, os resultados demonstram a viabilidade das intervenções estruturais propostas na região.

Portanto, o cenário escolhido para ser levado a diante foi o **Cenário 2**, no aspecto das cheias e revitalização ambiental.

Constataram-se os altos custos de desapropriação, não só econômicos gerados pela proposta pura de zoneamento, mas também os custos sociais de tal solução.

Concluiu-se que a composição entre as alternativas estruturais de proteção compostas por diques e sistemas de bombeamento, aliadas ao zoneamento constitui a melhor solução, não só em termos globais, mas também locais.

No quesito estiagens, avaliou-se a manutenção do cenário atual desregulado a um cenário com a intervenção estatal na regularização e fiscalização das outorgas na bacia, para que seja assegurado o atendimento às demandas prioritárias.

Observou-se que uma vez ponderados todos os critérios relevantes, a solução pela regularização das atividades conflitantes é o cenário mais favorável ao atendimento das expectativas da sociedade.

Através da análise global de cheias, se constata que nas regiões onde não houve distinção entre o **Cenário 1** e o 2, pelo fato de nos dois cenários ter sido proposto o zoneamento (com desapropriação e implantação de parques), é mais vantajosa a opção pelo zoneamento e monitoramento previsão e alerta à alternativa de convivência de cheias num cenário tendencial.

Diante das análises expostas acima, se dá seguimento à apresentação consolidada das alternativas escolhidas adiante.

✓ Orçamento e Fluxo de Caixa das Intervenções Consolidadas

Dado que o **Cenário 2** foi escolhido para ser levado adiante, diante dos fatos expostos anteriormente, têm-se o orçamento apresentado no Quadro 83 contemplando todas as intervenções propostas a serem levadas adiante, seja para a mitigação dos efeitos de estiagens, cheias ou revitalização de áreas degradadas.

O fluxo de caixa a taxa de 12% a.a. é apresentado no Quadro 84.

Quadro 83 - Levantamento de custos de implementação das intervenções consolidadas

Item	Descrição	Valor sem BDI	Valor dos serviços com BDI 28,21%	Valor do fornecimento de materiais ou diferenciados com BDI 19,35%	Valor dos itens relativo a projetos e serviços de apoio técnico com BDI 15,38%	Valor TOTAL com BDI
1	Zoneamento com desapropriações					R\$ 44.547.530,75
1.1	Desapropriações	34.473.263,57	0,00	41.143.840,07	0,00	R\$ 41.143.840,07
1.2	Avaliação dos Imóveis (1%)	344.732,64	0,00	0,00	397.752,52	R\$ 397.752,52
1.3	Demolições e Transporte até 30 km	868.993,34	1.114.136,36	0,00	0,00	R\$ 1.114.136,36
1.4	Parque Linear	1.480.722,98	1.832.150,24	0,00	59.651,57	R\$ 1.891.801,81
2	Banhado Grande					R\$ 5.489.932,01
2	Minibarramentos Banhado	4.296.997,94	5.316.825,58	0,00	173.106,43	R\$ 5.489.932,01
3	Diques na Bacia					R\$ 224.621.182,84
3.1	Dique em Gravataí	46.650.613,05	18.154.214,70	36.851.357,88	1.862.406,14	R\$ 56.867.978,72
3.2	Dique em Cachoeirinha	26.282.478,33	20.431.421,99	11.263.273,37	1.049.260,57	R\$ 32.743.955,94
3.3	Dique em Porto Alegre Leste - Sarandi	46.069.007,59	33.535.127,08	21.863.221,12	1.839.187,03	R\$ 57.237.535,23
3.4	Dique em Porto Alegre Oeste - Sarandi	56.348.345,70	48.297.339,47	19.965.050,51	2.249.563,25	R\$ 70.511.953,23
3.5	Elevação dique em Porto Alegre - Vila Dique	5.682.071,65	7.032.917,58	0,00	226.842,14	R\$ 7.259.759,72
4	Sistema de Monitoramento					R\$ 525.661,00
4.1	Melhoria da rede	410.000,00	525.661,00	0,00	0,00	R\$ 525.661,00
5	Política de Gestão de Recursos Hídricos					R\$ 9.180.000,00
5.1	Fiscalização de Outorgas	7.956.318,25	0,00	0,00	9.180.000,00	R\$ 9.180.000,00
TOTAL		R\$ 230.863.545,03	R\$ 136.239.794,01	R\$ 131.086.742,96	R\$ 17.037.769,64	R\$ 284.364.306,60

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 84 - Intervenções consolidadas na Bacia - Fluxo de caixa de investimentos

FLUXO DE CAIXA INVESTIMENTOS - BACIA DO GRAVATAÍ Preços Econômicos (R\$/Janeiro de 2018)											
Custo total das Ações											284.364.306,60
Custo anual total O&M por Alternativa											13.697.438,33
Fator médio de conversão a preços econômicos											84,09%
Prazo para conclusão da obra (em anos)											5
Percentual da obra implantado anualmente											20,00%
Taxa de desconto											12%
Anos											30
ANO	Investimento Anual Desapropriação e demais	Custo Anual Sistema de Alerta	Custo Anual Implantação Dique Gravataí	Custo Anual Implantação Dique Cachoeirinha	Custo Anual Implantação Dique Porto Alegre Leste	Custo Anual Implantação Dique Porto Alegre Oeste	Custo Anual Implantação Dique Porto Alegre - Vila Dique	Custo Implantação Mini Barramentos	Custo Fiscalização Estiagens	Custo Anual O&M (Cenário consolidado)	Custo Total Anual (Cenário consolidado)
2018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019	7.492.129,76	88.407,15	9.564.217,56	5.506.971,15	9.626.370,62	11.858.899,79	1.220.966,93	1.538.853,83	7.719.591,86	-	54.616.408,65
2020	7.492.129,76	88.407,15	9.564.217,56	5.506.971,15	9.626.370,62	11.858.899,79	1.220.966,93	1.538.853,83		2.739.487,67	49.636.304,45
2021	7.492.129,76	88.407,15	9.564.217,56	5.506.971,15	9.626.370,62	11.858.899,79	1.220.966,93	1.538.853,83		5.478.975,33	52.375.792,12
2022	7.492.129,76	88.407,15	9.564.217,56	5.506.971,15	9.626.370,62	11.858.899,79	1.220.966,93	-		8.218.463,00	53.576.425,95
2023	7.492.129,76	88.407,15	9.564.217,56	5.506.971,15	9.626.370,62	11.858.899,79	1.220.966,93	-		10.957.950,66	56.315.913,62
2024	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2025	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2026	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2027	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2028	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2029	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2030	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2031	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2032	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2033	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2034	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2035	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2036	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2037	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2038	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2039	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2040	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2041	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2042	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2043	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2044	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2045	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2046	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2047	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
2048	-	-	-	-	-	-	-	-		13.697.438,33	13.697.438,33
VP	R\$27.007.451,06	R\$318.688,01	R\$34.476.863,84	R\$19.851.398,55	R\$34.700.911,71	R\$42.748.679,75	R\$4.401.312,53	R\$3.696.067,24	R\$6.892.492,73	R\$78.483.732,42	R\$252.577.597,84

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.11.1 Conclusões e Recomendações

O estudo de análise multicritério dos cenários desenvolvidos se mostrou uma abordagem satisfatória para a escolha das melhores soluções para a resolução dos problemas nos diferentes locais da bacia, mitigando em termos gerais os efeitos das inundações com as menores contrapartidas possíveis em termos sociais, ambientais e econômicas.

Foram consolidadas as alternativas mais viáveis nos diferentes critérios analisados, apresentados os seus orçamentos e o fluxo de caixa de desembolso consolidado.

No que tange as cheias, o estudo demonstrou que nas diversas regiões impactadas pelos eventos de cheias, quando avaliados os TR de 5 a 100 anos, as alternativas estruturais de polderes nas regiões mais urbanizadas se mostraram as soluções mais econômicas e com menores externalidades.

Combinadas ao zoneamento do restante da planície de inundação, ao monitoramento, previsão e alerta e a implementação de seguros, formam o Cenário consolidado proposto para a mitigação das cheias.

No que tange as estiagens, na análise multicritério se constatou que a regularização das outorgas, através do cadastro e fiscalização, assim atendendo as demandas prioritárias, é a melhor alternativa a ser seguida. Reitera-se que a área de cultivo de arroz existente hoje na bacia (em torno de 23.000 ha de acordo com as projeções desse estudo) não é compatível com o atendimento às demandas prioritárias na bacia, a área de cultivo de culturas irrigadas na bacia deverá diminuir.

Quanto à recuperação de áreas degradadas, a análise multicritério apresentou como melhor solução a implementação das obras sugeridas quando comparados, principalmente, os investimentos realizados e os benefícios ambientais auferidos.

Espera-se diminuir o gradiente hidráulico, assim diminuindo o potencial erosivo do fluxo, em um solo já bastante propício à erosão.

Também é esperada a recuperação dos níveis do fundo do canal natural do Rio Gravataí, tendo como referência os anteriores à construção do canal do DNOS.

3.12 MODELAGEM INSTITUCIONAL

A Modelagem Institucional consolidada no Produto 15 tem por objetivo geral detalhar o arranjo institucional dos mecanismos administrativos e das normas legais para a gestão do sistema de drenagem e do risco de inundações.

Os objetivos específicos do Produto 15 são:

- Detalhar o setor administrativo de gestão que organizará o funcionamento dos serviços;
- Apresentar o aparato legal para definição dos serviços de drenagem e a sua gestão;
- Detalhar a capacitação em longo prazo para a melhoria da gestão e dos serviços municipais e regiões administrativas;
- Apresentar o modelo de parceria ou modelagem institucional para a implementação das soluções;
- Definição dos mecanismos legais e administrativos para o retorno dos investimentos.

3.12.1 Modelagem Institucional

A efetiva operacionalização das alternativas propostas depende, fortemente, de um arranjo institucional que seja concebido de forma a estabelecer as competências, as responsabilidades e as interações entre os diversos atores envolvidos.

Para a implementação das propostas descritas no Cenário consolidado, são necessárias ações de diferentes instituições apresentadas no Quadro 85.

Quadro 85 - Níveis institucionais envolvidos por grupo de ações

GRUPO DE ALTERNATIVAS DO CENÁRIO CONSOLIDADO	NÍVEIS INSTITUCIONAIS ENVOLVIDOS
Desapropriação de populações em risco através do zoneamento das áreas inundáveis.	Recursos federais ou internacionais; coordenação Órgão Estadual de Planejamento; Inclusão do zoneamento nos Planos Diretores pelas Prefeituras.
Implementação de diques de proteção contra cheias nas regiões mais expostas ao risco, e onde constatada a viabilidade técnica	Recursos federais ou internacionais; coordenação Órgão Estadual de Planejamento.
Medidas estruturais na região composta pelo Banhado Grande e pelas obras de canalização do DNOS, buscando recuperação de funções ambientais do sistema hídrico e controle de erosão.	Recursos federais ou internacionais; coordenação Órgão Estadual de Planejamento, Secretaria Estadual de Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.
Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta.	CEMADEN, CENAD, Secretaria Estadual de Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Defesa Civil Estadual e Defesa Civil Municipal.
Sistema de Seguros de Cobertura contra Inundações.	Privado, com resseguro por instituição pública vinculada ao Ministério da Fazenda.
Minimização dos efeitos de estiagens na Bacia do Rio Gravataí, visando aumento da disponibilidade hídrica para abastecimento humano: Política de Gestão de Recursos Hídricos.	Secretaria de Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

A efetivação das alternativas propostas depende, em diferentes graus, da atuação das instituições públicas e privadas atuantes na gestão do território, na gestão dos recursos hídricos e na gestão de desastres naturais.

Destes temas, o Estado é o único responsável, na região, pelos recursos hídricos e pela coordenação da Defesa Civil; a gestão do território é compartilhada entre Estado e municípios.

Atualmente, as ações do governo estadual nestas áreas são a METROPLAN, o DRH/SEMA e a Defesa Civil/Gabinete Militar.

Em 2017 foram concluídas duas consultorias, a da Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres e a da Arquitetura do Sistema Integrado de Gestão de Risco de Desastres (SEGIRD).

Este Sistema deverá atuar de forma integrada, abrangendo os cinco macroprocessos da gestão de riscos e desastres (**Prevenção, Mitigação, Preparação, Resposta e Recuperação**) e, com o envolvimento de várias instituições e profissionais das mais diferentes áreas.

Como resultado dos estudos, é proposta a criação de um Centro Integrado de Gestão de Riscos de Desastres (CIGERD) para o Estado do Rio Grande do Sul.

Nesta estrutura deverão estar integradas a Defesa Civil do Estado e um corpo técnico específico oriundo das instituições participantes do SEGIRD.

Assim, estariam alocadas neste Centro as ações de monitoramento e alerta, a Sala de Situação, o Centro de Operações da Defesa Civil, o sistema de hidrometeorologia, profissionais das áreas de meio ambiente (geologia, pedologia, geomorfologia, topografia, recursos hídricos, etc.), de infraestrutura básica (áreas urbanas, rede viárias, pontes, transportes, energia e comunicações, etc.), socioeconômica (sociólogos, economistas, planejadores, etc.) além de informações sobre mapeamento de áreas de risco e de vulnerabilidade, planos de contingência, planos de ações emergenciais e de gestão de crise e resposta a eventos adversos.

Adicionalmente, em situações de anormalidade este centro deverá estar em contato com as Coordenadorias Regionais de Defesa Civil e com as Defesas Cíveis municipais.

O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) foi criado com intuito de, em parceria com várias instituições, implementar, complementar e consolidar a rede de instrumentos meteorológicos, hidrológicos e geotécnicos para monitoramento ambiental.

A principal missão do CEMADEN é monitorar as ameaças naturais em áreas de riscos em municípios brasileiros suscetíveis à ocorrência de desastres naturais, além de realizar pesquisas e inovações tecnológicas que possam contribuir para a melhoria de seu sistema de alerta antecipado, com o objetivo final de reduzir o número de vítimas fatais e prejuízos materiais em todo o país.

Os alertas são repassados para os órgãos de Defesa Civil Estadual e Municipal, onde os responsáveis iniciam a fase de preparação para o desastre, onde os recursos necessários para a resposta são mobilizados.

É necessário que os municípios atuem de forma coordenada para implantar as ações previstas em uma lógica de bacia hidrográfica. No caso do presente projeto, há que considerar a existência da Região Metropolitana de Porto Alegre, a RMPA, criada em 1973 pela Lei Complementar Federal 14, participando de um conjunto de oito regiões metropolitanas brasileiras: São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Salvador, Curitiba, Belém e Fortaleza.

De acordo com o Plano de Bacia do Rio Gravataí, as instituições que deveriam ter participação na implantação da Gestão de Recursos Hídricos são os listados a seguir:

- Secretaria do Meio Ambiente
- Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí
- ANA
- Prefeituras Municipais
- Universidades
- Usuários da água

- Órgãos licenciadores municipais
- Metroplan
- CPRM
- Ministério Público

Destes, a ANA e a CPRM não necessitam ser considerados, pois é uma bacia de domínio estadual e as interferências dos órgãos federais se dão através de convênios e termos de parceria com os órgãos estaduais e não de forma direta.

Conforme o Estatuto da Metrópole, até 2018, as regiões metropolitanas e as aglomerações urbanas devem contar com plano de desenvolvimento urbano integrado.

Esse planejamento, iniciado em 2015, vinha sendo conduzido pela Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, pela Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional (METROPLAN) - responsável pela elaboração, e pela Fundação de Economia e Estatística (FEE).

Havendo a consolidação das propostas apresentadas, a articulação com o Ministério Público é fundamental para garantir a legalidade das ações dos demais entes, evitando conflitos jurídicos e troca de direcionamento administrativo por mudança de gestão dos poderes executivos. Especial destaque se dá à regularização fundiária de áreas já definidas neste estudo como de risco.

No âmbito privado, encontra-se a estrutura de seguradoras e a necessidade de resseguro para viabilizar minimamente uma proposta de securitização. A proposta de seguro como medida não estrutural merece uma avaliação por parte dos entes privados.

Nos seguros compreensivos (multiriscos) residencial e empresarial existentes atualmente no mercado, a cobertura básica e obrigatória garante apenas indenizações contra prejuízos originados por incêndio, queda de raio e explosões causadas por gás empregado na iluminação ou no uso interno.

Ou seja, tais apólices excluem os riscos derivados de danos causados por eventos da natureza tais como inundações, terremotos, maremotos, alagamentos, enchentes por água de chuva etc.

Então, como agentes executivos a serem considerados estão:

- a Secretaria de Estado de Planejamento, Gestão e Governança, como instância de Governo e como substituta da METROPLAN, caso e quando a extinção se concretize;
- a METROPLAN, caso a extinção não se concretize;
- a Sala de Situação da Secretaria de Estado do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, articulada com o CEMADEN;
- a Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil, articulada com o CNAD;
- os Municípios envolvidos;
- a Federação Nacional das Empresas de Seguros Privados, de Capitalização e de Previdência Complementar Aberta-Fenaseg e o Sindicato das Empresas de Seguros Privados, de Resseguros e de Capitalização no Estado do Rio Grande do Sul - SINDSEG RS.

Como elementos balizadores do arranjo institucional estão:

- A Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres;
- A Política Estadual de Recursos Hídricos;
- O PDUI, quando concluído e aprovado;
- O Plano de Bacia;
- Os Planos Diretores Municipais, atualizados de acordo com o PDUI;
- Os Planos Municipais de Saneamento Básico, atualizados e concordantes com o Plano de Bacia;
- Os Planos Municipais de Drenagem Urbana.

3.12.2 Modelo e Gestão da Infraestrutura do Governo do Estado do RS

O clima de alteração da estrutura governamental estadual, do sistema estadual de recursos hídricos e da política estadual de gestão de risco de desastres traz uma elevação do grau de incerteza de qualquer proposta de arranjo institucional. Assim, a presente análise traz uma série de cenários alternativos, de forma a cobrir um grande número de combinações possíveis.

✓ **Cenário Institucional 1**

Metroplan permanece; SEMA repassa parte administrativa e cobrança pelo uso da água a um Banco Estatal de Investimento; Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres é implantada na totalidade.

Medidas estruturais: coordenação Metroplan, que executa as licitações, negociação com Bancos de Investimento e fiscalização. Comitê de Bacia e Ministério Público acompanham a execução dos cronogramas aprovados ao final do projeto. Rede de monitoramento plenamente implantada e em operação. Avisos de desastres são emitidos com 72 horas de antecedência.

Medidas não-estruturais: Metroplan atua no planejamento urbano em conjunto com as prefeituras municipais. Comitê de Bacia incorpora no Plano de Bacia, na fase de revisão ou atualização, as medidas relacionadas com a gestão das águas. DRH apoia com termos de referência específicos para contratação de serviços definidos pelo Comitê de Bacia, especialmente os relacionados com o hidroperíodo do Banhado Grande e a redução da área irrigada de arroz para 5.000 hectares. Banco Estatal realiza a contratação dos estudos. Defesa Civil organizada para dar resposta em tempo adequado para evitar perdas de vidas humanas e redução de perdas financeiras e materiais. Planos Diretores incorporam o zoneamento.

✓ **Cenário Institucional 2**

Metroplan permanece; SEMA não repassa parte administrativa e cobrança pelo uso da água a um Banco Estatal de Investimento; Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres é implantada na totalidade.

Medidas estruturais: coordenação Metroplan, que executa as licitações, negociação com Bancos de Investimento e fiscalização. Comitê de Bacia e Ministério Público acompanham a execução dos cronogramas aprovados ao final do projeto. Rede de monitoramento parcialmente implantada e em operação. Avisos de desastres são emitidos com até 06 horas de antecedência.

Medidas não-estruturais: Metroplan atua no planejamento urbano em conjunto com as prefeituras municipais. Comitê de Bacia incorpora no Plano de Bacia, na fase de revisão ou atualização, as medidas relacionadas com a gestão das águas. DRH apoia com termos de referência específicos para contratação de serviços definidos pelo Comitê de Bacia, mas a contratação pela CELIC não garante a execução do cronograma. Defesa Civil organizada para dar resposta, mas talvez em um tempo não adequado para evitar perdas de vidas humanas e redução de perdas financeiras e materiais.

✓ **Cenário Institucional 3**

Metroplan permanece; SEMA não repassa parte administrativa e cobrança pelo uso da água a um Banco Estatal de Investimento; Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres não é implantada.

Medidas estruturais: coordenação Metroplan, que executa as licitações, negociação com Bancos de Investimento e fiscalização. Comitê de Bacia e Ministério Público acompanham a execução dos cronogramas aprovados ao final do projeto. Rede de monitoramento parcialmente implantada e em operação. Avisos de desastres são emitidos com até 06 horas de antecedência.

Medidas não-estruturais: Metroplan atua no planejamento urbano em conjunto com as prefeituras municipais. Comitê de Bacia incorpora no Plano de Bacia, na fase de revisão ou atualização, as medidas relacionadas com a gestão das águas. DRH apoia com termos de referência específicos para contratação de serviços definidos pelo Comitê de Bacia, mas a contratação pela CELIC não garante a execução do cronograma. Defesa Civil organiza a resposta após a ocorrência do desastre, apenas mitigando as consequências. Planos Diretores não incorporam o zoneamento.

✓ **Cenário Institucional 4**

Metroplan não permanece; SEMA repassa parte administrativa e cobrança pelo uso da água a um Banco Estatal de Investimento; Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres é implantada na totalidade.

Medidas estruturais: coordenação passa a ser da Secretaria do Planejamento, Governança e Gestão - SPGG. CELIC executa as licitações, SPGG negocia com Bancos de Investimento e fiscalização. Municípios têm que assumir parcialmente a fiscalização dos contratos ou se organizam na forma de consórcio para fim específico. Comitê de Bacia e Ministério Público acompanham a execução dos cronogramas aprovados ao final do projeto. Rede de monitoramento plenamente implantada e em operação. Avisos de desastres são emitidos com 72 horas de antecedência.

Medidas não-estruturais: SPGG atua no planejamento urbano em conjunto com as prefeituras municipais. Comitê de Bacia incorpora no Plano de Bacia, na fase de revisão ou atualização, as medidas relacionadas com a gestão das águas. DRH apoia com termos de referência específicos para contratação de serviços definidos pelo Comitê de Bacia, especialmente os relacionados com o hidroperíodo do Banhado Grande e a redução da área irrigada para 5.000 hectares de arroz. Banco Estatal realiza a contratação dos estudos. Defesa Civil organizada para dar resposta em tempo adequado para evitar perdas de vidas humanas e redução de perdas financeiras e materiais. Planos Diretores incorporam o zoneamento.

✓ **Cenário Institucional 5**

Metroplan não permanece; SEMA não repassa parte administrativa e cobrança pelo uso da água a um Banco Estatal de Investimento; Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres é implantada na totalidade.

Medidas estruturais: coordenação SPGG, que negociação com Bancos de Investimento e fiscalização. CELIC executa as licitações. Municípios têm que assumir parcialmente a fiscalização dos contratos ou se organizam na forma de consórcio para fim específico. Comitê de Bacia e Ministério Público acompanham a execução dos cronogramas aprovados ao final do projeto. Rede de monitoramento parcialmente implantada e em operação. Avisos de desastres são emitidos com até 06 horas de antecedência.

Medidas não-estruturais: SPGG atua no planejamento urbano em conjunto com as prefeituras municipais. Comitê de Bacia não incorpora no Plano de Bacia, na fase de revisão ou atualização, as medidas relacionadas com a gestão das águas. DRH apoia com termos de referência específicos para contratação de serviços definidos pelo Comitê de Bacia, mas a contratação pela CELIC não garante a execução do cronograma. Defesa Civil organizada para dar resposta, mas talvez em um tempo não adequado para evitar perdas de vidas humanas e redução de perdas financeiras e materiais. Planos Diretores incorporam o zoneamento.

✓ **Cenário Institucional 6**

Metroplan não permanece; SEMA não repassa parte administrativa e cobrança pelo uso da água a um Banco Estatal de Investimento; Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres não é implantada.

Medidas estruturais: coordenação SPGG, que negociação com Bancos de Investimento e fiscalização. CELIC executa as licitações. Municípios têm que assumir parcialmente a fiscalização dos contratos ou se organizam na forma de consórcio para fim específico. Comitê de Bacia e Ministério Público acompanham a execução dos cronogramas aprovados ao final do projeto. Rede de monitoramento parcialmente implantada e em operação. Avisos de desastres são emitidos com até 06 horas de antecedência.

Medidas não-estruturais: SPGG atua no planejamento urbano em conjunto com as prefeituras municipais. Comitê de Bacia não incorpora no Plano de Bacia, na fase de revisão ou atualização, as medidas relacionadas com a gestão das águas. DRH apoia com termos de referência específicos para contratação de serviços definidos pelo Comitê de Bacia, mas a contratação pela CELIC não garante a execução do cronograma. Defesa Civil organiza a resposta após a ocorrência do desastre, apenas mitigando as consequências. Planos Diretores não incorporam o zoneamento.

Os **Cenários 1, 2 e 3** têm a permanência da METROPLAN no arranjo institucional, enquanto que os cenários 4, 5 e 6 têm a substituição da Fundação pela SPGG.

Os **Cenários 1 e 4** têm a gestão dos recursos financeiros vinculados ao sistema estadual de recursos hídricos vinculados a um Banco Estatal, enquanto que os demais cenários esses recursos seguem as rotas burocráticas atuais.

Os **Cenários 1, 2, 4 e 5** têm a Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres implantada na totalidade, enquanto que nos outros dois isso não acontece.

O Comitê Gravataí deve realizar, junto com o DRH, a revisão do Plano de Bacia ainda em 2018. A chance de não incorporar as questões levantadas sobre os recursos hídricos é pequena, e só foi considerada nos cenários 5 e 6.

A construção destes cenários foi baseada nos acontecimentos ocorridos nos últimos anos. Embora haja o decreto de extinção da Metroplan, ações na Justiça impedem a conclusão deste processo e, com a proximidade do período eleitoral, esse tensionamento pode continuar e não haver uma definição em curto prazo.

A implantação da Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres está em fase adiantada, com a consolidação dos papéis dos diferentes atores.

A Sala de Situação teve o contrato de assessoria renovado por 30 meses, renováveis automaticamente por mais 30 meses, se for de interesse das partes.

E a possibilidade de gestão dos recursos financeiros do SERH é factível de acordo com as manifestações da SEMA, o que pode agilizar a contratação de estudos específicos e viabilizar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Os cenários institucionais mais adequados à execução do projeto são os cenários 1 e 4, pois neles os arranjos necessários estão implantados, com a diferença da permanência ou não da METROPLAN ou de algum órgão da administração indireta que venha a substituir.

3.12.3 Análise da Alternativa de Gestão dos Serviços no Nível Municipal

As alternativas de gestão dos serviços no nível municipal são: (a) integrar as atribuições em entidades públicas existentes; (b) alternativa de prestador de serviço independente para municípios consorciados; (c) terceirização dos serviços com gestão dentro das secretarias; ou (d) outras alternativas de arranjo institucional;

O arranjo institucional para a gestão de serviços no nível municipal estará sujeito à Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres, ao PDUI, quando concluído e aprovado, e ao Plano de Bacia.

Os municípios devem realizar a adequação dos Planos Diretores Municipais ao PDUI e dos Planos Municipais de Saneamento Básico com o Plano de Bacia, bem como incorporar os conceitos e limites das Zonas de Passagem das Cheias, de Uso Restrito e de Baixo Risco.

A ocupação das áreas definidas como de passagem das cheias e de uso restrito devem sofrer limitação de sua ocupação com moradias ou com infraestruturas não adequadas às cheias.

O planejamento de parques, áreas de esporte ou outras estruturas mencionadas no Produto 12 devem ser discutidas com o Governo do Estado, pois são intervenções de custo elevado e de interesse mais amplo.

Essas não são atividades comuns, sendo a expectativa que ocorram resistências a essas adequações, principalmente com base no questionamento da autonomia do município em legislar sobre o seu território de forma autônoma, o que não cabe em uma região metropolitana.

A coordenação do arranjo institucional, a ser desenvolvido pela SPGG ou Metroplan, de acordo com o cenário observado, deve realizar encontro de gestores municipais em conjunto com o Ministério Público para viabilizar uma ação coordenada para essa compatibilização de documentos de planejamento.

- A alternativa *integrar as atribuições em entidades públicas existentes* é compatível com a manutenção da Metroplan, que poderia realizar essa integração de ações com o grupo de municípios. Neste caso, a Metroplan assume o papel de coordenação central, sendo responsável pelas ações de operação, manutenção e cobrança pela implantação de estruturas vinculadas à gestão dos desastres naturais, concordantes com a Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres.

Neste arranjo, a Metroplan trabalha em conjunto com a Defesa Civil, a SEMA e as Prefeituras Municipais, de forma isolada ou em consórcio, e apresenta os resultados da gestão ao Comitê de Bacia, aos executivos e legislativos municipais e ao Ministério Público. A contratação dos serviços necessários é realizada pela Metroplan através de licitações ou termos de parceria. Os recursos são arrecadados pela cobrança da Metroplan aos municípios, enquanto estes cobram dos munícipes.

- A *alternativa de prestador de serviço independente para municípios consorciados* é compatível com um papel de coordenação realizado por um Consórcio, como o existente na bacia do rio dos Sinos. Neste caso, é o Consórcio que assume a cobrança pela implantação das estruturas e viabiliza a contratação de prestação de serviço para operação e manutenção das estruturas, contando ou não com o apoio do Governo Estadual.

O controle social é realizado pelo Comitê de Bacia, os executivos e legislativos municipais e o Ministério Público. É o Consórcio que realiza as contratações necessárias, sendo possível realizar estudos e serviços dentro do próprio Consórcio, através de seu corpo técnico ou das prefeituras consorciadas.

Os valores cobrados podem ser inseridos no IPTU dos munícipes beneficiados ou da totalidade dos munícipes, após aprovação nas Câmaras Municipais de Vereadores.

- A *terceirização dos serviços com gestão dentro das secretarias* é compatível com o compartilhamento da coordenação pelos órgãos estaduais, em especial a SPGG. Neste arranjo, a cobrança é realizada pelo Governo, que contrata a prestação dos serviços de operação e manutenção com uma empresa privada ou uma fundação pública de direito privado.

Esse contrato sofre auditoria dos órgãos públicos de controle e seus resultados são apresentados ao Comitê de Bacia, aos executivos e legislativos municipais e ao Ministério Público.

As licitações são realizadas via CELIC. Os municípios pagam ao Governo do Estado pelo valor do serviço prestado, podendo repassar total ou parcialmente esses custos aos munícipes.

- Dentre as *outras alternativas de arranjo institucional* poderia ser considerado a existência de uma estrutura que realizasse o papel de Agência de região hidrográfica que realizasse a cobrança pelo princípio beneficiário-pagador e assumisse a contratação de empresa para realizar as ações de gestão, operação e manutenção das estruturas implantadas.

Essa alternativa só é viável se houver a implantação da cobrança pelo uso da água. As contratações seguem os ritos da Lei 8.666/92, mas tendem a ser mais ágeis pela existência da Agência.

A cobrança pelo princípio beneficiário-pagador permite a inclusão das atividades econômicas no rol de pagadores, mas também deverá incluir, como beneficiárias, as prefeituras municipais.

- Outra alternativa é a Concessão precedida de obra pública. Neste caso, uma empresa privada assumiria a gestão, operação e manutenção das estruturas, sendo remunerada por isso pelos municípios e pessoas físicas e jurídicas beneficiadas por essas ações. Essa ação seria regulamentada pela AGERGS, com apresentação de resultados aos executivos e legislativos municipais, ao Tribunal de Contas do Estado e ao Ministério Público.

Diante do cenário de extinção da Metroplan, a alternativa de gestão pelo Consórcio se apresenta como a de mais fácil implantação, seguida da gestão coordenada pela SPGG.

A implantação da gestão por um Consórcio depende, inicialmente, da formalização deste com esse fim específico. Havendo a compatibilidade legal e a aceitação do Consórcio, deve ser firmada a parceria entre este e o Governo do Estado através da SPGG.

Os recursos externos podem ser buscados pelo Governo do Estado, mas dentro de um cenário no qual a responsabilidade pelo pagamento de empréstimos ou do fornecimento de contrapartidas fique absolutamente claro entre os entes federados.

Por outro lado, a coordenação pela SPGG significará a realização de concorrência pública pelo Governo do Estado para a contratação de todas as ações técnicas e gerenciais, incluindo uma empresa gestora, no formato de uma Unidade Gestora de Programa.

Esse contrato deve ser viabilizado pelo pagamento de taxas de serviço pelo monitoramento efetuado pela empresa contratada.

Havendo a coordenação por um Consórcio, será de responsabilidade deste a montagem do setor administrativo necessário para a gestão, operação e manutenção das estruturas implantadas, bem como por arrecadar os recursos via cobrança de valores aos municípios beneficiados.

Estes, por sua vez, devem implantar cobrança dos munícipes beneficiados, após a aprovação dos legislativos municipais.

No caso da SPGG ou Metroplan como coordenadora, essa realizaria as atividades administrativas comuns, enquanto que a CELIC realizaria as contratações. Os municípios seriam as instituições pagadoras.

As empresas privadas seriam possíveis através da Concessão de Obra Pública. Neste caso, montariam a sua estrutura administrativa e seriam fiscalizadas por uma equipe da SPGG ou da Metroplan.

A partir da definição da entidade coordenadora, podem ser viabilizadas as parcerias para a implementação e manutenção das obras e planos previstos.

No caso da SPGG ou Metroplan coordenarem o processo, as parcerias podem ser realizadas com os municípios para a execução direta de ações de implementação e manutenção, seja através das estruturas próprias, seja através de contratos específicos.

Neste caso, devem ser previstas as formas de compensação para os municípios em relação ao pagamento dos benefícios das obras.

Com um Consórcio de Municípios coordenando, os municípios também podem participar de forma direta ou através de contratos específicos, mas seria natural que todos os contratos maiores ficassem a cargo do Consórcio, enquanto que para os municípios caberiam as ações de resultado mais limitado ou de alcance específico para um ou mais municípios, mas que não resultassem em benefício para a totalidade ou a maioria dos municípios.

No caso da concessão para empresas privadas, as parcerias seriam mais limitadas pelas restrições impostas aos entes públicos no uso de recursos financeiros, humanos e materiais.

No âmbito do Governo Estadual, a ação da Defesa Civil e da Sala de Situação contam com recursos próprios e extra-orçamentários, não sendo necessária a realização de parcerias para o presente projeto.

3.12.4 Mecanismos para Recuperação de Custos das Medidas Implantadas

De acordo com os Termos de Referência, deve ser realizada:

a caracterização dos serviços a serem prestados e a estimativa dos seus custos. Os estudos econômicos de recuperação de custo das obras e dos serviços de drenagem urbana. As alternativas de cobrança são: (a) pela contribuição direta pelos serviços por parte dos proprietários; (b) como base nos impostos arrecadados pela Prefeitura ou (c) outras alternativas identificadas.

De acordo com o Ministério das Cidades, nas Diretrizes para Elaboração de Projetos de Engenharia de 2010, os benefícios podem ser avaliados por um dos métodos:

- Método dos custos evitados, onde se considera que os benefícios são equivalentes aos danos evitados pela implementação das medidas de controle;
- Método da disposição a pagar que considera os benefícios como iguais a valorização das propriedades beneficiadas.

No presente caso, os danos evitados basicamente são resultantes do zoneamento, das obras dos diques e da alteração das regras de outorga pelo uso da água.

O zoneamento sozinho não é suficiente para resolver o problema e sua implantação de forma a evitar danos recorrentes das inundações com TR = 100 anos demandaria a remoção de muitos imóveis.

Além disso, traria como custos associados a demolição e remoção dos entulhos e investimentos para o reassentamento das famílias que atualmente estão em situação regular para locais com estrutura urbana igual ou superior. Para as famílias em situação irregular, seria necessário ofertar alternativas de assentamento urbano no próprio município ou em áreas próximas.

O sistema de diques trará a proteção de 8,5779 km², conforme o Quadro 86, sendo a maior parte em Porto Alegre.

Quadro 86 - Áreas protegidas pelo sistema de diques

ITEM	OBRA	ÁREA (km ²)
1	Dique Porto Alegre Vila Dique	1,8934
2	Dique Porto Alegre Oeste	1,847
3	Dique Porto Alegre Leste	2,3987
4	Dique Cachoeirinha	1,8702
5	Dique Gravataí	0,5686
Total		8,5779

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Entre os mecanismos legais que permitam a recuperação de custos estão as Contribuições de Melhoria. De acordo com o Código Tributário Nacional, esse é um tributo cobrado pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal e pelos Municípios, no âmbito de suas respectivas atribuições, para fazer face ao custo de obras públicas de que decorra a valorização imobiliária, tendo como limite total a despesa realizada e como limite individual o acréscimo de valor que da obra resultar para cada imóvel beneficiado.

Embora seja um tributo pouco usual, caberia no presente projeto por significar um aumento da segurança de ocupação das áreas protegidas pelas obras e ações.

A sua aplicação dependeria de um cálculo de valorização das propriedades, o que pode ser realizado pelas prefeituras, pois já realizam estudos similares para definição do valor venal para o cálculo do IPTU.

De acordo com a Lei Complementar nº 7, de 7 de dezembro de 1973, que institui e disciplina os tributos de competência do Município, existe a previsão das Contribuições de Melhoria e o valor do IPTU sobre terrenos depende dos acidentes naturais.

A Contribuição de Melhoria foi instituída em Porto Alegre pela Lei Complementar nº 210, de 1989.

Para balizar a avaliação dos benefícios, foram comparados os valores de IPTU¹¹ por m² construído de dois bairros em situação geográfica semelhantes, mas um protegido por diques e outro vulnerável às inundações: bairro Anchieta e bairro Sarandi.

O valor médio do IPTU no bairro Anchieta, em 2017, foi de R\$ 4,51/m². Já no bairro Sarandi, esse valor foi de R\$ 3,14/m². Ou seja, o bairro Anchieta tem uma valorização de 43,6% sobre o bairro Sarandi, embora também seja uma área naturalmente baixa e localizada na várzea do Rio Gravataí.

Os dois bairros apresentam fácil acesso à BR 290 e às cidades da região metropolitana e apresentam estruturas de serviços semelhantes.

Ver comparação de valores no Quadro 87:

¹¹ <https://gauchazh.clicrbs.com.br/porto-alegre/noticia/2017/09/iptu-compare-o-imposto-por-metro-quadrado-entre-os-bairros-de-porto-alegre-9898388.html>

Quadro 87 - Comparação de valores de IPTU entre dois bairros na área de inundação do Rio

SARANDI
Número de imóveis: 17.103 IPTU total 2017 (R\$): 4.835.103,71 Área construída total (m²): 1.540.699,32 Área Construída por imóvel (média em m²): 90,08 IPTU médio por imóvel (R\$): 282,71 Valor do IPTU por m² em relação a área construída: 3,14
ANCHIETA
Número de imóveis: 127 IPTU total 2017 (R\$): 84.177,57 Área construída total (m²): 18.681,82 Área Construída por imóvel (média em m²): 147,10 IPTU médio por imóvel (R\$): 662,82 Valor do IPTU por m² em relação a área construída: 4,51

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Na Rua Provenzano ou na Rua João Carlos More no bairro Anchieta, o valor do m² do terreno para fins de IPTU é de R\$ 193,81 (Tabela IPTU Porto Alegre 2018). Para a Avenida Alcides Maia no bairro Sarandi o valor é de R\$ 152,77. Para a Rua Pedro Moretto, mais próximo à área inundável, o valor é de R\$ 125,11, mesmo valor da Rua Gabriel Franco da Luz, totalmente pavimentada.

Adotando-se a variação média entre os valores de R\$193,81 para o bairro Anchieta e entre R\$ 125,11 e R\$ 152,77 para o bairro Sarandi, encontra-se uma valorização a maior de 40,89%, coerente com a variação de 43,6% entre os IPTU's para imóveis construídos. Assim, pode-se adotar como referência uma valorização de 40% para os terrenos abrigados pelos diques.

Utilizando-se o valor mais baixo (R\$ 125,11/m²), o valor dos terrenos protegidos na extensão de 8,5779 km² será de R\$ 1.073.181.069,00. Considerando uma taxa de ocupação de 80% deste valor, a soma atinge R\$ 858.544.855,20.

A valorização de 40% resulta em R\$ 343.417.942,08. O valor das obras dos diques foi orçado em R\$ 224.621.182,84, ou seja, bem abaixo do valor possível de arrecadar com Contribuição de Melhorias.

A diferença do valor do IPTU dos terrenos, utilizando-se a base de Porto Alegre, seria de R\$ 3.765.354,98 anuais, para 80% da área protegida e considerando-se um valor médio de 1% de alíquota. Esse valor é muito aquém dos R\$ 13.697.438,33 previstos para Operação e Manutenção de todas as estruturas do **Cenário 2**.

Considerando-se que a área que será protegida será ou já está edificada com prédios de padrão popular da tabela do SINDUSCON, acabamento baixo padrão, o valor do CUB seria de R\$ 1.261,64, referente a janeiro de 2018.

Para uma área útil de 6.862.320,00 m², correspondente a 80% da área protegida, e uma ocupação de 70% desta área com edificações, o valor dos imóveis seria de R\$ 6.060.444.183,36.

Adotando-se a menor alíquota, igual a 1,5%, o valor arrecadado com o IPTU seria de R\$ 90.906.662,75. Considerando-se que esse é o valor acrescido de 40% de valorização, a diferença dos valores que seriam atualmente arrecadados com a mesma taxa de ocupação e a arrecadação futura será de R\$ 25.973.332,21.

Somando-se com a parcela de R\$ 3.765.354,98 dos impostos dos terrenos, chega-se a R\$ 29.738.687,20, ou 217% do necessário para cobrir a totalidade dos custos de O&M de todas as intervenções.

Os valores necessários para a desapropriação podem ser obtidos junto ao Ministério da Integração Nacional, em programas como o PPA 2016-2019 Programa 2040 - Gestão de Riscos e de Desastres Ação - Apoio a Obras Preventivas de Desastres 8348.

Já o Ministério das Cidades apresenta o Programa **Avançar Cidades - Saneamento**, que tem o objetivo de promover a melhoria do saneamento básico do país por meio do financiamento de ações nas modalidades de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos, manejo de águas pluviais, redução e controle de perdas, estudos e projetos, e planos de saneamento.

O Programa está sendo implementado por meio da abertura de **processo de seleção pública** de empreendimentos com vistas à contratação de operações de crédito para financiar ações de saneamento básico ao setor público.

Os proponentes que tiverem suas propostas selecionadas deverão firmar contrato de financiamento (**empréstimo**) junto ao agente financeiro escolhido.

No processo seletivo em curso não há disponibilidade para solicitação de recursos do Orçamento Geral da União (recursos a fundo perdido). Estão sendo disponibilizados recursos onerosos, nos quais incidirão encargos financeiros aplicados pelos agentes financeiros (taxa de **juros**, taxa de **risco de crédito**, entre outros).

Evidentemente que a situação da crise dos governos federal e estadual limita, e muito, a obtenção de recursos, mas as ações podem ser executadas em lotes, o que pode viabilizar a captação dos valores necessários com extensão do cronograma apresentado.

Parte dos investimentos pode ser coberta pela aplicação do princípio Beneficiário-pagador, que está previsto na Lei 10.350/94, quando trata do rateio de custo de obras de uso e proteção dos recursos hídricos.

Assim, havendo a cobrança pelo uso da água, essa pode incluir uma parcela de rateio do custo das obras previstas. As intervenções que se adequam melhor para este princípio são os minibarramentos na calha do Rio Gravataí.

Embora tenham pouco efeito sobre o aumento de vazão outorgável, permitirão a manutenção da reserva do Banhado Grande e a ampliação do tempo de base dos hidrogramas de eventos extremos, reduzindo os períodos de águas baixas.

Os beneficiários aqui são os 5.000 hectares de arroz restantes na bacia e o abastecimento público.

A área de arroz residual será compartilhada entre as áreas atendidas por reservatórios e as que necessitam captação superficial, sendo estas as realmente beneficiadas. Considera-se que 40% da área residual dependerão de captação de água no rio.

Com um valor unitário de 10.000 m³ por hectare, o volume anual envolvido é de 20.000.000 de m³. A adoção de um preço unitário básico de R\$ 0,01/m³ resulta em R\$ 200.000,00 por ano.

A demanda futura prevista é de 1,847 m³/s, o que, considerando-se 20 horas por dia e 365 dias por ano, resulta em 48.539.160 m³/ano. Considerando-se um preço unitário base de R\$ 0,01/m³, resulta em R\$ 485.391,60 anuais.

A soma das duas parcelas resulta em R\$ 685.000,00 anuais. Ao longo de 30 anos com uma taxa de 12% ao ano, esse valor corresponde a um investimento de R\$ 5.520.955,43, superior ao previsto para os minibarramentos.

Por fim, as ações relacionadas à Gestão de Recursos Hídricos e rede de monitoramento não necessariamente devem ser consideradas como custos a serem cobertos, pois vem sendo viabilizadas por ações da SEMA com recursos do Programa Pró-Redes, no caso da rede de monitoramento, ou com a implantação do novo sistema de outorga.

3.12.5 Mecanismos de Controle Social e Econômico

Conforme já apresentado anteriormente, é necessário que o Plano Diretor seja compatibilizado com o Plano de Desenvolvimento da RMPA e os Planos Municipais de Saneamento devem respeitar o Plano de Bacia.

Assim, devem ser promulgadas leis municipais que definam e protejam as áreas urbanas que possam ser afetadas pelas enchentes, a partir de informações hidrológicas consistentes. A isolinha das enchentes com TR = 100 anos deve ser proposta para todos os municípios afetados, visando corrigir distorções de critérios dentro da bacia.

A edição do Decreto Nº 52.701, de 11 de novembro de 2015, que institui o Programa Estadual de Estímulo à Limpeza e Desassoreamento dos corpos hídricos superficiais de dominialidade do Estado do Rio Grande do Sul com o objetivo de reduzir os danos causados por cheias e enchentes, é um marco legal de apoio aos processos de limpeza dos arroios que cortam as áreas urbanas e que não estariam protegidos pelas estruturas de diques ou pôlderes.

Através do Programa Estadual, as tarefas de desassoreamento têm licenciamento ambiental por adesão, reduzindo drasticamente o tempo de tramitação junto à FEPAM e ao DRH.

Com esse instrumento, não é identificada uma necessidade de nova alteração na regulamentação de leis estaduais em relação à drenagem.

Para as áreas ribeirinhas, a definição das áreas livres de ocupação urbana, pode ser realizada por Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, com a universalização do zoneamento da Planície de Inundação dentro da área de Tempo de Recorrência de 100 anos.

A partir disso, todos os planos e a revisão dos planos poderiam ir incorporando esse conceito no seu planejamento, direcionando os planos diretores urbanos específicos para a liberação das áreas sujeitas às inundações periódicas e reduzindo os custos futuros de desapropriação nas cidades menores, que ainda não enfrentam os problemas da região metropolitana.

Essa Resolução pode ser acompanhada de discussão junto ao Ministério Público, especialmente nos Centros de Apoio de Meio Ambiente e de Ordenamento Territorial.

Também pode ser demandada uma Resolução conjunta do CRH com o Conselho Estadual de Meio Ambiente, definindo essas áreas ribeirinhas como de interesse ambiental e, por isso, prioritárias para a não ocupação antrópica com edificações.

Essa ação deveria ser articulada com a SEMA, que possui a presidência dos dois Conselhos, sendo que a SPGG tem assento em ambos e pode ser a proponente de tais Resoluções.

3.12.6 Capacitação e Adequação dos Serviços de Gestão de Águas Pluviais

Nas cidades atingidas pelas intervenções, observa-se uma disparidade entre as legislações municipais sobre a drenagem pluvial.

No município de Porto Alegre há um detalhamento maior sobre o tema, inclusive estabelecendo uma vazão específica máxima para lançamento de águas urbanas na rede pública.

Respeitadas as autonomias municipais, a definição de critérios comuns seria útil para o gerenciamento das intervenções propostas, sem gerar situações de concorrência.

3.12.7 Minuta de Regulação para Controle da Vazão de Novos Empreendimentos

Examinando as legislações municipais, entende-se que a de Porto Alegre é a mais indicada para servir como base, já que traz parâmetros claros e precisos, mas as legislações de Viamão e Gravataí trazem instrumentos de gestão importantes.

Incorporando esses instrumentos de gestão, foi elaborada a Minuta de Regulação para ser discutida com os municípios da bacia.

3.12.8 Estratégia de Integração para os Serviços de Saneamento

Havendo a decisão da implantação das estruturas de proteção contra cheias e contra estiagens, uma série de ações devem ser tomadas por diferentes agentes e de forma integrada, sob coordenação do ente selecionado para exercer essa coordenação: Metroplan, SPGG, Consórcio ou empresa terceirizada.

Além dos critérios de impermeabilização do solo, que afetam diretamente as vazões de esgotamento pluvial já tratados, há os problemas relacionados com o esgotamento sanitário, os resíduos sólidos, a conservação ambiental e o desenvolvimento urbano e regional.

No esgotamento sanitário, devem ser separadas, na medida do possível tanto em termos técnicos como financeiros, as redes de coleta dos esgotos pluvial e cloacal, já que o sistema de proteção por diques ou polderes exigirá o bombeamento dos volumes recebidos dentro da área protegida, e, no caso de haver a mistura dos dois esgotos, o projeto da estrutura de bombeamento deve ser alterado para garantir o seu funcionamento e as condições de operação e trabalho dos técnicos encarregados da manutenção das estações de bombeamento.

Em algumas situações, mantém-se a ligação dos dois esgotos e é realizado o tratamento de todo o volume coletado em uma ETE, até que seja atingida a vazão máxima de operação da estação.

Acima deste valor, superado quando há uma precipitação intensa, é realizado um by-pass, sendo todo o esgoto lançado sem tratamento no corpo hídrico que estará com uma vazão mais elevada.

O tratamento do esgoto pluvial até que seja atingida a vazão limite é uma ação positiva para a cidade e para a qualidade de água da bacia.

Quanto aos resíduos sólidos, estes interferem diretamente na capacidade de esgotamento pluvial das redes e dos bueiros, sendo um grave problema para entupimento das bocas de lobo e pane nos sistemas de bombeamento.

Uma sistemática mais eficaz de limpeza destas estruturas é necessária, pois a limitação de drenagem imposta pelos diques pode significar aumento dos prejuízos se a rede de coleta e de bombeamento estiver sem condições operacionais.

Em relação à conservação ambiental, observa-se uma discussão sobre as Áreas de Preservação Permanente em meio urbano, sobrando dúvidas e críticas ao Novo Código Florestal sobre a falta de definições claras sobre os cursos de água canalizados e as áreas destinadas ao plantio ou conservação da vegetação.

A discussão no STF trouxe ainda mais incertezas sobre a aplicabilidade do Código e quais os critérios que devem ser seguidos.

Assim, entende-se que a busca de entendimento com o Ministério Público sobre as políticas e as práticas possíveis é a estratégia mais segura para evitar a execução de obras e medidas que poderão ser questionadas e revertidas, com custos financeiros adicionais.

No caso específico na bacia do Gravataí, interessa a articulação das medidas com a APA do Banhado Grande, dada a extensão dessa unidade e a falta de critérios claros de licenciamento ambiental e necessidade de anuência para diversas atividades.

A conclusão do Plano de Manejo deve dirimir várias dessas dúvidas, mas isso ainda não tem um horizonte confiável de término.

A articulação entre a implantação das estruturas para controle e convivência com cheias e estiagens deve considerar a participação da FEPAM, da SEMA/RS, do Comitê de Bacia, do Ministério Público - CAOMA e das secretarias municipais de meio ambiente.

Por fim, o desenvolvimento regional necessita da articulação dos Planos Diretores Urbanos e um Plano Urbano Integrado da Região Metropolitana de Porto Alegre, que estava sob a coordenação da Metroplan.

As áreas tensionadas da Zona Norte de Porto Alegre no limite com Alvorada são o foco do presente estudo de alternativas. Portanto, o Desenvolvimento Urbano Ambiental deve ter como base essa articulação entre os municípios vizinhos, que pode ser executada pela GRANPAL- Consórcio Metropolitano ou pelo COREDE Metropolitano Delta do Jacuí.

3.12.9 Programas e Projetos de Longo Prazo para Melhoria da Gestão

A melhoria da Gestão nos municípios depende de ações de capacitação para a formulação, implantação, acompanhamento, monitoria e avaliação das ações desenvolvidas pelos entes públicos e privados na área de atuação da esfera municipal.

Por outro lado, os municípios devem ter uma atuação qualificada junto aos diferentes colegiados que definem as políticas sociais e territoriais, como os Conselhos Estaduais do Meio Ambiente, de Recursos Hídricos, de Direitos Humanos, de Habitação, de Saneamento, os Comitês de Bacia, os COREDES e outros.

A oferta de capacitação para os entes municipais ocorre de forma mais concentrada pela atuação da FAMURS - Federação das Associações de Municípios do Rio Grande do Sul.

Dentre as ações de capacitação da FAMURS, está a Escola de Gestão Pública - EGP. São várias as ações de educação continuada, principalmente na forma de cursos de curta duração, como o de Regularização Fundiária, programado para o mês de julho, com 14 horas-aula.

Ainda merece destaque uma ação da *Associação dos Municípios da Região Metropolitana de Porto Alegre* - GRANPAL, que é o Programa de Formação Regional criado em 2011 com o propósito de atender as necessidades de qualificação permanente dos gestores municipais, visando contribuir com a promoção de políticas públicas regionais.

O Governo do Estado também possui uma Escola de Planejamento, de Governança e de Gestão, localizada institucionalmente na SPGG, de acordo com o Decreto 53.929/2018.

Outra instância pública estadual que realiza capacitação dos entes municipais é a Casa Militar - Defesa Civil, sendo um dos indicadores de desempenho selecionados para a assinatura do Acordo de Gestão justamente a Capacitação dos gestores municipais de proteção e defesa civil, que será fundamental para a implantação da Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres.

A SEMA realiza, em conjunto com a FAMURS, a série Diálogos Ambientais, na qual são ofertadas ações de capacitação em diferentes municípios do Estado, com foco nos servidores públicos, tratando de processos de licenciamento ambiental, manejo de resíduos sólidos e de gestão de recursos hídricos.

No nível federal, o Ministério das Cidades tem ações de planejamento e capacitação que podem ser utilizadas, inclusive com um Banco de Experiências, no qual são apresentados os documentos sobre ações em diversos pontos do País.

No caso da drenagem urbana, o Ministério das Cidades sugere a Elaboração do Manual de Manejo das Águas Pluviais Urbanas, com a função orientar os profissionais da Prefeitura, prestadores de serviços e empreendedores, que atuam no planejamento e projetos de drenagem e águas pluviais; planejamento urbanístico; projeto e aprovação de novos empreendimentos.

A implantação das ações previstas no **Cenário 2** exigirá uma capacitação dirigida de diferentes agentes municipais, envolvendo questões técnicas específicas de hidrologia, hidráulica, mecânica das estruturas de bombeamento, educação ambiental para a redução dos processos de erosão e destinação correta de resíduos sólidos, manutenção das estruturas de monitoramento de chuvas e níveis, ocupação do solo, demarcação das atividades humanas nas zonas de passagem das cheias e de uso restrito, padrões de construção nas zonas de baixo risco, entre outras.

As estruturas apresentadas acima são suficientes e já estão organizadas; no entanto, a delimitação do foco para apoio da implantação das medidas deve ser realizada pela SPGG, que detém o comando central dos processos a serem implantados.

3.12.10 Participação Pública na Gestão dos Serviços e na Fiscalização

Desde o início do Estudo, o Comitê Gravathay tem acompanhado o seu desenvolvimento, assim como o Ministério Público Estadual.

A apresentação de cada etapa tem sido realizada em reuniões com membros do Comitê e em algumas plenárias. Assim, dentro do arranjo institucional vigente, há a fiscalização dos resultados e participação pública na gestão dos processos.

Uma das possibilidades de interlocução são as associações comunitárias ou de moradores de bairros locais, algumas com mais de 60 anos de existência, como a Associação dos Moradores das Vilas Elizabeth e Parque (AMVEP), ou buscar uma atuação mais centralizada, a partir da FRACAB, ambas com sede em Porto Alegre.

Nos demais municípios também são encontradas associações comunitárias, mas com uma estrutura menor do que estas, como a Associação dos Moradores da Vila Elisa e do Loteamento São Vicente, em Gravataí, e a Associação de Moradores dos Bairros Parque Imbuy, em Cachoeirinha.

Também devem ser envolvidos os poderes legislativos e executivos municipais, de forma isolada ou através de suas entidades representativas e associativistas, como a FAMURS, GRANPAL e a UVERGS.

Os poderes executivos possuem tanto a FAMURS como a GRANPAL - Consórcio Metropolitano como espaço de articulação coletiva.

Assim, em termos de espaços de discussão e articulação institucional, existem diversas alternativas para diferentes necessidades e pautas, abrangendo todo o leque de possibilidades.

3.12.11 Conclusão

A análise das possibilidades de arranjo institucional e de viabilização da implantação e operação e manutenção das obras previstas na bacia do Rio Gravataí permite concluir sobre a possibilidade real de avanço na concretização das soluções propostas:

- Existem na bacia as estruturas institucionais necessárias para a gestão da implantação de ações na forma de um programa para toda a bacia ou execução parcial por meio de projetos isolados. Dentre as possibilidades de articulação, destaca-se a GRANPAL - Consórcio Metropolitano;
- Existem alternativas de capacitação técnica já em funcionamento. A alteração do escopo ou da temática das capacitações não representa um empecilho importante;
- Há nas legislações municipais avanços importantes quanto à drenagem urbana, que poderiam ser harmonizados entre os municípios da bacia diretamente afetados pelas obras, de forma a dar um tratamento equivalente a todos os beneficiados ou afetados pelas intervenções;
- O Comitê de Bacia tem uma atuação destacada no processo de publicização das ações realizadas até o momento, podendo ser mantido como um espaço destacado de controle social, especialmente nas ações que envolvam critérios de outorga ou sistemas de informações hidrológicas;

- O Ministério Público é um ator fundamental para a implantação adequada das ações selecionadas e aprovadas nas diferentes instâncias.
A participação constante no processo de planificação permite prever a manutenção dessa presença e sua possibilidade de evolução, especialmente no apoio à discussão e busca por solução de conflitos que exijam a articulação entre a conservação ambiental, os direitos sociais e o ordenamento territorial;
- A valorização dos terrenos e a possível valorização dos imóveis atuais e futuros permite a arrecadação de taxas de contribuição e impostos municipais que podem viabilizar a implantação dos diques propostos e a operação e manutenção de todas as estruturas previstas, restando a busca por recursos para a desapropriação das áreas externas ao sistema de proteção ou necessárias para a implantação das intervenções.
O investimento inicial pode ser financiado de entidades federais ou internacionais.
O arranjo institucional a ser implantado deve garantir o fluxo financeiro entre os municípios e o órgão estadual que ficará responsável pela gestão de um programa ou conjunto de projetos isolados.

3.13 PLANO DE AÇÃO

O Plano de Ação, consolidado no Produto 16, tem por objetivo geral detalhar as atividades necessárias para a implementação das medidas previstas neste estudo ao longo do tempo.

Os objetivos específicos do Produto 16 são:

- Detalhar a implementação dos programas de longo prazo.
- Definir o treinamento de equipes;
- Definir as datas de licitação e contratação das obras;
- Detalhar o sequenciamento de obras;
- Descrever as fontes de financiamento das obras;
- Definir a equipe mínima para fiscalização da implantação das obras e para manutenção dos serviços no prestador de serviço.

O Plano de Ação a seguir detalhado apresenta uma proposta de ações para minimização dos efeitos de cheias dentro do conceito de gestão integrada de recursos hídricos com foco no eixo de manejo de águas pluviais.

A gestão integrada de recursos hídricos é um processo que promove o gerenciamento e desenvolvimento integrado dos recursos de água, solo e correlatos, de modo a maximizar o benefício econômico e social resultante de forma a reduzir desigualdades e sem comprometer a sustentabilidade de ecossistemas vitais.

Esta metodologia considera que uma intervenção isolada tem implicações no sistema como um todo (a unidade de bacia) e que esforços integrados entre os diferentes atores podem gerar múltiplos benefícios.

Ao mesmo, considera-se também que ações individuais podem gerar efeitos negativos inesperados, quando são analisadas dentro do escopo local (ex: o trecho de execução de uma obra).

A gestão integrada de eventos críticos pretende integrar a análise dos diversos elementos da bacia de modo a maximizar o uso eficiente das áreas inundáveis e minimizar a perda de vida e propriedade.

A gestão integrada deverá dentro das condições locais, encorajar a participação de todos os atores: usuários, planejadores e legisladores, em todos os níveis cabíveis.

As iniciativas propostas no presente Plano de Ação visam as seguintes áreas específicas:

- Fortalecer a capacidade institucional da sociedade inserida na bacia, de modo a possibilitar a execução das demais ações e viabilizar a manutenção das ações de longo prazo e das intervenções estruturais;
- Reduzir o risco à vida e propriedade dentro da planície de inundação;
- Incrementar a resiliência da bacia a eventos extremos;
- Obter o máximo retorno econômico para as intervenções que demandem recursos financeiros ou causem prejuízos à sociedade;
- Reduzir os impactos antrópicos ao meio ambiente;

Para tal são apresentadas as ações:

- No âmbito legislativo;
- Não-Estruturais: referente à forma de gestão do ambiente urbano, da gestão de informação, da operacionalidade entre os diferentes agentes administrativos ou educacionais;
- Estruturais: referente à implantação de obras e intervenções no âmbito da bacia.

3.13.1 Implementação dos Programas de Longo Prazo

A seguir são apresentados os programas de longo prazo que garantirão a manutenção do perfeito funcionamento do sistema integrado de manejo de águas pluviais da bacia. Ver fluxograma da Figura 56 a seguir.

As ações a serem realizadas pelos programas propostos se enquadrarão em 3 tipos distintos:

✓ Ações de Adequação

São aquelas que adequam a situação atual de acordo com as indicações e resultados obtidos neste trabalho visando minimizar os prejuízos e risco à vida humana. Incluem as propostas intervenções estruturais.

✓ Ações de Manutenção

São aquelas que pretendem manter o sistema de proteção contra cheias implantado operando de forma contínua e eficaz. Incluem as ações que reavaliam as condições da bacia de acordo com a real expansão urbana e demandas hídricas.

Incluem também as ações que futuramente irão promover a atualização dos estudos realizados neste trabalho.

✓ Ações de Preparação

São aquelas que pretendem propor contingências para as eventualidades de eventos críticos de cheias, inclusive aquelas acima do tempo de retorno de projeto.

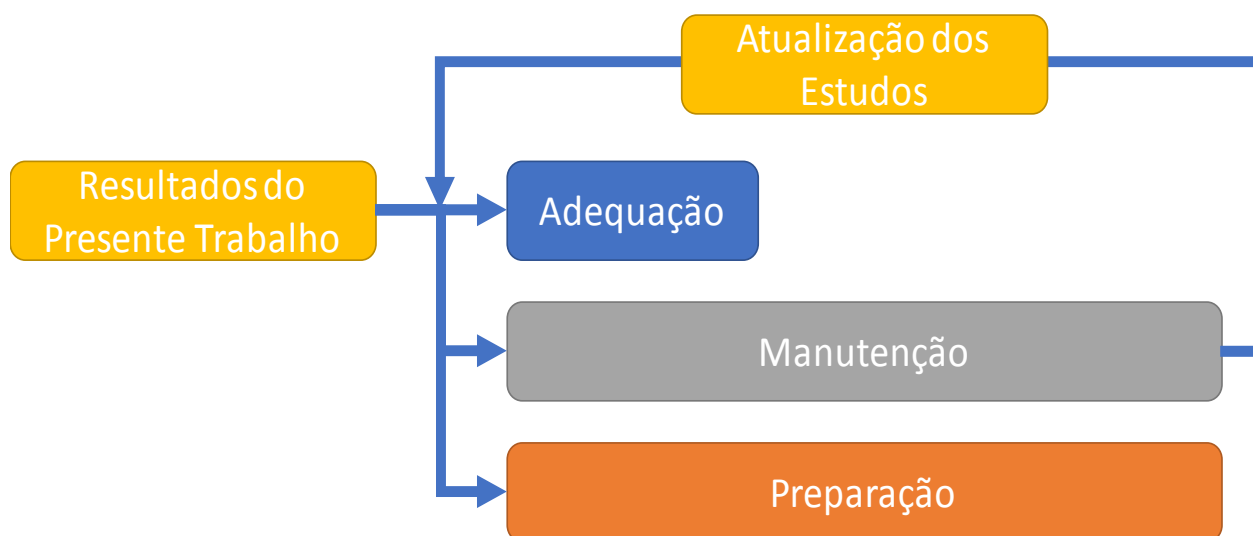


Figura 56 - Fluxograma de Ações.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.13.2 Ações de Adequação

✓ Disponibilização de Informação

Um dos pilares da Gestão Integrada de Cheias conforme apresentado neste trabalho é a universalização das informações geradas. (Quadro 88).

Muitos dos atores na bacia envolvidos na questão de inundação usualmente estão interessados em informações de âmbito local.

Desta forma, demandar que individualmente tais sejam mantenedores das informações totais geradas neste trabalho (ou similares) é uma tarefa de difícil aplicabilidade.

Desta forma, propõe-se que as informações geradas neste trabalho e futuras atualizações estejam disponíveis para a sociedade em geral de forma centralizada, digital e on-line.

O órgão responsável pelo planejamento urbano (ver Produto 15 - Arranjo Institucional) deverá ser encarregado de manter o arquivo dos produtos apresentados neste trabalho: relatórios, base topográfica, mapas de inundação, etc, assim como de eventuais produtos futuros gerados no mesmo âmbito.

Quadro 88 - Disponibilização de Informação

Objeto	Construção de agregador online para universalização de informações referentes ao Sistema de Gestão de Cheias
Justificativa	Manutenção e divulgação das informações geradas
Local	On-line, em domínio específico ou subdomínio do Estado
Prazo	Imediatamente após o fechamento do presente trabalho, atualizado após cada nova etapa
Responsável	Ver Arranjo Institucional
Metodologia	Construção de site e banco de dados (FTP)
Custo	Horas técnicas para construção do site e contrato e manutenção do servidor (R\$ 6000 + R\$ 500/ano)
Fonte de Financiamento	Recursos Metroplan ou entidade equivalente (ver Relatório 15)

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Atualização dos Planos Diretores

O Plano Diretor Municipal é o mecanismo legal que visa orientar a ocupação do solo urbano, tomando por base um lado de interesses coletivos e difusos tais como a preservação da natureza e da memória, e de outro os interesses particulares de seus moradores. (Quadro 89).

O plano é o "instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana", de acordo com a Constituição Federal e o Estatuto da Cidade.

Quadro 89 - Atualização dos Planos Diretores

Objeto	Atualização dos Planos Diretores
Justificativa	Utilizar as informações geradas neste trabalho para otimizar o planejamento urbano dentro dos documentos do Plano Diretor e Plano Diretor de Drenagem Urbana.
Local	Todos municípios da bacia dentro do escopo do presente estudo
Prazo	A partir de 2020.
Responsável	Cada município individualmente.
Metodologia	Análise dos resultados do presente trabalho, atualização das leis municipais.
Custo	R\$ 300.000,00/cada.
Fontes de Financiamento	Recursos Municipais

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Racionalização e Fiscalização das Demandas Agrícolas

A outorga de direito de uso da água representa um instrumento, através do qual o Poder Público autoriza, concede ou ainda permite ao usuário fazer o uso deste bem público. (Quadro 90)

É através deste que o Estado exerce, efetivamente, o domínio das águas preconizado pela Constituição Federal, regulando o compartilhamento entre os diversos usuários.

O Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul (SIOUT-RS) apresentou, em consulta em maio/2018, 211 empreendimentos Cadastrados e 9 com dispensa de outorga dentro da bacia do Rio Gravataí.

A consulta não resultou em nenhum empreendimento com status de "outorgado".

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho o DRH/SEMA (Departamento de Recursos Hídricos) através da Divisão de Outorga e Fiscalização (DIOUT) poderá atuar para emitir outorgas para os usuários da bacia dentro de critérios de sustentabilidade ambiental e priorização de atendimento.

Após a etapa de oficialização das outorgas o DIOUT poderá atuar na questão de fiscalização das vazões outorgáveis.

Sabendo que os maiores consumidores são agrícolas e apresentam demandas quase que exclusivamente no período de irrigação do arroz, sugere-se que a fiscalização seja feita de forma amostral e no período entre a segunda quinzena de novembro e a primeira quinzena de março.

Quadro 90 - Fiscalização das Demandas Agrícolas

Objeto	Fiscalização dos consumidores de água da bacia do Rio Gravataí
Justificativa	Racionalizar o consumo d'água permitindo a sustentabilidade ambiental e priorização de demandas
Local	Ao longo do Rio Gravataí
Prazo	A partir de 2020.
Responsável	DIOUT/DRH/SEMA
Metodologia	Amostral, entre novembro e março.
Custo	Veículo e combustível, horas-técnicas: R\$ 80.000,00 / safra
Fontes de Financiamento	Recursos Estaduais (DRH/SEMA)

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Zoneamento das Áreas de Plantio

Após a implantação dos mini barramentos para recuperação das áreas degradadas do Banhado Grande será necessário redefinir as regiões que fazem parte do ecossistema das áreas úmidas e limitar o avanço da área de plantio. (Quadro 91)

Para tal deverão ser avaliados os novos limites da área protegida e apresentá-los à sociedade de forma clara.

Tais limites serão definidos através de critérios ambientais, hidráulicos e topográficos. Os resultados obtidos no Programa de Monitoramento Ambiental (ver a seguir) serão subsídios fundamentais para embasar este zoneamento.

A definição clara das áreas de plantio será fundamental para permitir a correta fiscalização das demandas e possibilitar que ocorra a recuperação das áreas degradadas do Banhado Grande.

Quadro 91 - Zoneamento das Áreas de Plantio

Objeto	Zoneamento das Áreas de Plantio.
Justificativa	Definir claramente para o setor agrícola as áreas limite para intervenções e plantio
Local	Médio Gravataí, no entorno imediato do Rio Gravataí no trecho entre o exutório atual do Banhado Grande até o Passo dos Negros
Prazo	A partir de 2020.
Responsável	DRH/SEMA
Metodologia	Estudos ambientais e levantamentos topográficos
Custo	R\$ 500.000,00
Fontes de Financiamento	Recursos Estaduais

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Programa de Monitoramento Ambiental

Os resultados apresentados nos produtos anteriores indicaram que grande parte dos problemas de disponibilidade observados na bacia do Rio Gravataí são referentes ao descontrole sobre as retiradas agrícolas.

Outro problema é o descarte irregular de sedimentos da produção rizícola. O incremento de partículas suspensas incrementa a turbidez e dificulta ou impossibilita a captação para o abastecimento público.

Um Programa de Monitoramento Ambiental poderá avaliar a nova conformação do trecho, os efeitos positivos gerados e, desta forma, potencialmente poderá se propor uma reconfiguração dos minibarramentos. (Quadro 92)

Existe, dependendo dos resultados, a possibilidade de que a intervenção não seja mais necessária ou que sua dimensão seja reduzida.

Quadro 92 - Programa de Monitoramento Ambiental

Objeto	Monitoramento Ambiental do trecho compreendido entre o Banhado Grande e o Passo dos Negros.
Justificativa	Identificar os impactos positivos da racionalização dos usos d'água e potencial reconfiguração das intervenções estruturais.
Local	Ao longo do Rio Gravataí
Prazo	A partir de 2019 até 2021.
Responsável	DIOUT/DRH/SEMA
Metodologia	Levantamentos topobatimétricos para quantificação da erosão, reconhecimentos para identificar a potencial recuperação do Banhado (pré intervenção dos minibarramentos).
Custo	R\$ 400.000,00 por ano (R\$ 1.200.000,00)
Fonte de Financiamento	Programa Federal - Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (FUNCATE) e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ **Implantação das Intervenções Estruturais**

As intervenções estruturais são aquelas tomadas para adequação das condições locais aos efeitos de cheias e que demandem investimentos em construção. Estas estão apresentadas em seção a parte, a seguir.

✓ **Programa de Educação Ambiental Continuada**

A Lei nº 9.795/1999 institui a Política Nacional de Educação Ambiental, e define como educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

Esta Lei determina que a educação ambiental seja um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal. (Quadro 93)

Quadro 93 - Atualização do Cadastro Territorial e Uso do Solo

Objeto	Programa de Educação Ambiental Continuada
Justificativa	Existe a necessidade de conscientizar a população em relação à ocupação de áreas de passagem de cheia. Devem ser ressaltados os problemas ocasionados assim como os riscos inerentes.
Local	Em todas as regiões urbanizadas da bacia
Prazo	Contínuo, a partir de 2019
Responsável	Administração Municipal
Metodologia	Ver acima.
Custo	R\$ 50.000/ano/bacia
Fonte de Financiamento	Município

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.13.3 Ações de Manutenção

✓ Sistematização e Atualização Contínua do Cadastro Territorial e Uso do Solo

O cadastro territorial é de fundamental importância no sistema administrativo municipal, independentemente da área urbanizada ou da quantidade de habitantes do mesmo. (Quadro 94)

Boa parte das cidades de pequeno e médio porte brasileiras tem sofrido com o crescimento desordenado e a informalidade da ocupação de terrenos, fato que influencia diretamente a preservação do meio ambiente e conseqüentemente a qualidade de vida da população.

Sendo assim, a base cartográfica cadastral é fundamental para o apoio ao planejamento e às tomadas de decisão, e esta, deve estar sempre atualizada, a um nível de detalhamento que propicie aos técnicos, responsáveis pelas diversas áreas do planejamento urbano, extrair as informações de interesse.

Um banco de dados espacializado sobre as parcelas reflete a situação organizacional do espaço urbano. O produto deverá ser gerado a partir de imagens de satélite de alta qualidade.

O produto final deverá conter base cartográfica onde estão indicados elementos básicos para o planejamento urbano, como as áreas efetivas de expansão, tipologia da urbanização e o uso do solo.

Quadro 94 - Atualização do Cadastro Territorial e Uso do Solo

Objeto	Atualização do Cadastro Territorial e Uso do Solo
Justificativa	Manter as informações referentes ao uso do solo atualizadas. Verificar a aderência os planos diretores.
Local	Todos municípios da bacia
Prazo	A cada 5 anos.
Responsável	Todos municípios da bacia
Metodologia	Levantamento aerofotogramétrico, análise das imagens
Custo	R\$ 2.500.000,00
Fonte de Financiamento	Municípios (compartilhados)

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Devido às condições técnicas para realização de voos para realização de reconhecimento (um subsídio realização do cadastro) é proveitoso em termos financeiros que tal seja realizado como uma ação conjunta de municípios vizinhos.

Tal condição deve ser observada sempre que esse serviço for contratado.

✓ **Sistematização e Atualização Contínua do Cadastro de Infraestrutura de Drenagem**

A sistematização dos dados constitui na representação em planta e em tabelas das informações obtidas através de levantamentos de campo referentes a todas as estruturas e dispositivos que compõem os sistemas de drenagem dos municípios.

A sistematização define que sejam criadas estruturas de dados sólidas para armazenamento das informações de infraestrutura. (Quadro 95)

É recomendável que a metodologia de armazenamento da informação seja compatível entre os diversos municípios da bacia.

Quadro 95 - Sistematização e Atualização Contínua do Cadastro de Infraestrutura de Drenagem

Objeto	Sistematização e Atualização Contínua do Cadastro de Infraestrutura de Drenagem
Justificativa	A existência de um cadastro constantemente atualizado permite maior agilidade, eficiência e otimização nos processos de operação, nos serviços corretivos ou preventivos de manutenção dos sistemas e na identificação e priorização de intervenções.
Local	Todos municípios da bacia
Prazo	A partir de 2019, ação contínua.
Responsável	Todos municípios da bacia
Metodologia	Ver acima.
Custo	Construção da Estrutura de Banco de Dados: R\$ 30.000,00 Cadastro e criação de base de dados existentes: R\$ 150.000,00/município (média) Atualização periódica e contínua: R\$ 30.000,00/ano (por município/média)
Fonte de Financiamento	Município, dentro das secretarias específicas.

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ **Atualização dos Estudos de Mitigação dos Efeitos de Cheias e Estiagem**

O presente trabalho apresentou os estudos referentes aos efeitos das cheias e das estiagens na bacia do Gravataí.

A partir dos resultados obtidos foi possível estabelecer cenários para as condições de ocupação urbana e demandas futuras mais prováveis.

Tais cenários, embora possam representar suficientemente bem a situação da bacia dentro do horizonte de projeto, são um exercício de previsão das condições futuras e, por isso, estão sujeitos a diversas incertezas quanto a sua exatidão.

De tal forma, periodicamente é necessária a revisão dos resultados apresentados para que as ações de mitigação de impactos e o planejamento urbano sejam direcionados de forma mais próxima às condições reais. (Quadro 96)

Na revisão do estudo devem ser avaliados os seguintes aspectos:

- Avaliação do Escopo Crítico
- Avaliação do Escopo de Complementação de Informações
- Atualização dos Mapas de Riscos
- Análise dos Objetivos

Quadro 96 - Atualização dos Estudos de Mitigação dos Efeitos de Cheias e Estiagem

Objeto	Atualização dos Estudos de Mitigação dos Efeitos de Cheias e Estiagem
Justificativa	Periodicamente é necessária a revisão dos resultados apresentados para que as ações de mitigação de impactos e o planejamento urbano sejam direcionados de forma mais próxima às condições reais.
Local	Bacia
Prazo	A partir de 2028, a cada 10 anos.
Responsável	Metroplan
Metodologia	Ver acima.
Custo	R\$ 2.500.000,00
Fonte de Financiamento	Recurso Federal - Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Programa de Inspeção e Manutenção Periódica

Em busca de uma melhor eficiência das atividades de operação e manutenção do sistema de drenagem, é fundamental um plano específico a respeito das atividades a serem realizadas, como o desassoreamento de cursos d'água, a limpeza de bocas-de-lobo e a manutenção de galerias, canais e demais estruturas de drenagem. (Quadro 97)

O plano de operação e manutenção do sistema de drenagem tem como objetivo evitar ações sem nenhum tipo de planejamento, visando à realização de ações preventivas e corretivas.

Deverá ser subsídio técnico a forma de manutenção de todo sistema de drenagem, definindo custos esperados, cronograma de ações rotineiras e especiais.

Quadro 97 - Programa de Inspeção e Manutenção Periódica

Objeto	Programa de Inspeção e Manutenção Periódica
Justificativa	A manutenção da infraestrutura física de drenagem é fundamental para o correto funcionamento do sistema concebido.
Local	Todos municípios da bacia
Prazo	A partir de 2019, ação contínua.
Responsável	Todos municípios da bacia
Metodologia	Ver acima.
Custo	Variável
Fontes de Financiamento	Municípios

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ **Programa de Capacitação de agentes de saúde e assistentes sociais**

As atividades de agentes de saúde e assistentes sociais envolvem contato direto com a população em suas comunidades.

Desta forma, estes servidores municipais se tornam importantes instrumentos de disseminação de informações, mesmo para as comunidades mais afastadas e de difícil acesso, que possuiriam dificuldades para locomoverem-se até locais onde são desenvolvidas atividades de educação ambiental e sanitária.

Nesse contexto, é essencial que os agentes de saúde e assistentes sociais possuam a capacidade de informar e educar as pessoas adequadamente. (Quadro 98)

Quadro 98 - Programa de Capacitação de agentes de saúde e assistentes sociais

Objeto	Programa de Capacitação de agentes de saúde e assistentes sociais
Justificativa	Disseminação de informações, mesmo para as comunidades mais afastadas e de difícil acesso, que possuiriam dificuldades para locomoverem-se até locais onde são desenvolvidas atividades de educação ambiental e sanitária.
Local	Todos municípios da bacia
Prazo	A partir de 2019, ação contínua.
Responsável	Todos municípios da bacia
Metodologia	Ver acima.
Custo	Palestrantes, material impresso, organização de eventos e divulgação: R\$ 25.000/ano/bacia.
Fontes de Financiamento	Municípios

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ **Programa de Capacitação dos Técnicos Municipais**

As empresas, entidades de classe, instituições públicas e privadas são incumbidas pela Lei 9.975/1999 de promover programas destinados à capacitação dos trabalhadores, visando à melhoria e ao controle efetivo sobre o ambiente de trabalho, bem como sobre as repercussões do processo produtivo no meio ambiente.

Desta forma, é fundamental que as prefeituras possuam mecanismos para a contínua capacitação dos funcionários das secretarias municipais, principalmente daquelas que possuem atribuições relacionadas ao saneamento básico. (Quadro 99)

Quadro 99 - Programa de Capacitação dos Técnicos Municipais

Objeto	Programa de Capacitação dos Técnicos Municipais
Justificativa	
Local	Todos os municípios
Prazo	A partir de 2019, anual
Responsável	Prefeituras
Metodologia	Promoção de eventos anuais de capacitação e atualização aos funcionários das secretarias municipais vinculadas às atividades de saneamento básico
Custo	Palestrante, material impresso, organização de evento e divulgação: R\$ 25.000/ano/prefeitura.
Fontes de Financiamento	Municípios

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.13.4 Ações de Preparação

✓ **Elaboração de Plano de Contingência**

Diversos eventos podem acarretar em situações de emergência que exigem ações específicas para apoio às comunidades afetadas.

Como principais ocorrências emergenciais relacionadas à drenagem urbana e manejo das águas pluviais estão as inundações e os deslizamentos. As inundações podem ser originadas por chuvas intensas localizadas ou não.

As chuvas intensas localizadas podem gerar situações anormais ou de perigo, dependendo da extensão da área atingida e da duração do evento.

Deverão ser levantadas, para cada trecho urbanizado, as elevações do nível d'água para qual são associados três níveis de risco: (1) Enchentes de pequenas proporções (2) Alerta (3) Crítico.

Os níveis não são diretamente associados a tempos de recorrência, mas sim ao potencial de dano ocasionado pelo extravasamento do rio, de acordo com critérios estabelecidos e o contexto local.

Para cada um dos níveis de risco será associada uma série de contingências para minimização dos prejuízos e risco de vida.

Os Planos de Contingência deverão estabelecer, no mínimo:

- Locais para postos de comando para a Defesa Civil durante eventos críticos;
- Locais para abrigos temporários;
- Informações da forma de obtenção de recursos físicos imediatos (ex: bombas) e de fornecedores de insumos relevantes (ex.: diesel, sacos de areia);
- Informações sobre os serviços públicos críticos (ex.: hospitais);
- Informações sobre potenciais rotas de fuga;
- Fluxogramas de ação para eventos críticos, as responsabilidades das entidades públicas e a cadeia de comando.

O plano de contingência deverá impreterivelmente estar amarrado à capacidade dos gestores de obter informações hidrológicas de forma confiável e em tempo hábil. (Quadro 100)

Quadro 100 - Elaboração dos Planos de Contingências

Objeto	Elaboração dos Planos de Contingências
Justificativa	Construção de documento que permita a ação institucional integrada me caso de eventos de cheias críticos
Local	Todos municípios da bacia
Prazo	A partir de 2019, com revisões a cada 5 anos.
Responsável	Todos municípios da bacia
Metodologia	Ver acima
Custo	R\$ 750.000,00 (global)
Fontes de Financiamento	Municípios

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Rede Hidrométrica de Previsão e Alerta

Eventos de chuvas intensas e/ou prolongadas podem ser causadores de cheias e ocasionar potencial risco a sociedade e vidas humanas.

De modo a permitir a previsão e alerta de tais eventos, propõem-se a melhoria da rede telemétrica hidrometeorológica em locais estratégicos na bacia.

A partir dos dados em tempo real obtidos por estas é possível realizar a previsão hidrológica a partir de modelos numéricos desenvolvidos especificamente para cada sub-bacia hidrográfica possibilitando a emissão de alertas para eventos de cheias ou de estiagens.

Tal ação consiste na implantação de rede monitoramento de eventos climatológicos críticos, compreendendo a aquisição, montagem e instalação dos equipamentos.

É proposto o aprimoramento da rede com a automatização e telemetrização de 5 estações fluviométricas e 7 pluviométricas da rede de monitoramento. (Quadro 101)

Quadro 101 - Instalação de rede de previsão e alerta

Objeto	Instalação da Rede Hidrométrica de Previsão e Alerta
Justificativa	Apoio à decisão para ações de alerta e proteção à sociedade
Local	Ver Produto 16
Prazo	A partir de 2019;
Responsável	DRH/SEMA
Metodologia	Ver acima
Custo	R\$ 530.000 implantação e R\$ 690.000 por ano
Fonte de Financiamento	Recursos Estaduais - DRH/SEMA, CEMADEN e Defesa Civil.

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.13.5 Resumo das Metas

Foram estabelecidos prazos para implementação das ações que têm por objetivo dar suporte à melhoria da gestão do planejamento da gestão de recursos hídricos. Ver Quadro 102.

Quadro 102 - Metas Institucionais relativas ao planejamento

META	PRAZO	PERIODICIDADE
Fechamento e divulgação dos Estudos para Mitigação de Cheias e Estiagens	2018	10 anos
Revisão do Planos Diretores	2019	10 anos (máximo)
Racionalização e Fiscalização das Demandas Agrícolas	A partir de 2019	Contínuo
Programa de Monitoramento Ambiental	A partir de 2019	Contínuo
Implantação das Intervenções Estruturais	A partir de 2020	-
Zoneamento das Áreas de Plantio	A partir de 2020	-

META	PRAZO	PERIODICIDADE
Programa de Educação Ambiental Continuada	A partir de 2019	Contínuo
Sistematização e Atualização Contínua do Cadastro Territorial e Uso do Solo	-	Contínuo
Sistematização e Atualização Contínua do Cadastro de Infraestrutura de Drenagem	A partir de 2019	Contínuo
Atualização dos Estudos de Mitigação dos Efeitos de Cheias e Estiagem	A partir de 2028	10 anos
Programa de Inspeção e Manutenção Periódica	A partir de 2019	Contínuo
Programa de Capacitação de agentes de saúde e assistentes sociais	A partir de 2019	Anual
Programa de Capacitação dos Técnicos Municipais	A partir de 2019	Anual
Elaboração de Plano de Contingência	2019	-
Rede Hidrométrica de Previsão e Alerta	2019	-

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.13.6 Intervenções Estruturais

✓ Sequenciamento de Obras

O Produto 14 - Consolidação do Conjunto de Intervenções apresentou as soluções estruturais e não estruturais para mitigação dos efeitos de cheias.

Dentro dos estudos realizados foram selecionadas as melhores alternativas para cada região específica, sendo as seguintes intervenções estruturais selecionadas.

- **Mitigação de cheias**

- o Dique Porto Alegre - Vila Dique
- o Dique Porto Alegre - Sarandi Oeste
- o Dique Porto Alegre-Sarandi-Leste
- o Dique Cachoeirinha
- o Dique Gravataí

- **Proteção ambiental do banhado**

- o Mini Barramentos para Recuperação do Banhado Grande

Além destes o trabalho efetuado pela Metroplan “Estudos de concepção e anteprojetos de engenharia para RDC contratação integrada (Lei nº12462/2011) para proteção contra cheias do Rio Gravataí e afluentes em Alvorada e Porto Alegre-RS” apresentou uma série de soluções estruturais para a região do Arroio Feijó e Águas Belas.

Devido ao fato deste trabalho estar aprovado tais soluções foram consideradas em conjunto na análise realizada.

A realização destas obras representa alteração no regime hidráulico dos cursos d'água e desta forma devem ser realizadas em uma sequência que permita a minimização de efeitos negativos em outras regiões. Usualmente considera-se que a construção de montante para jusante causará as menores dificuldades na implantação.

Destaca-se que as obras dos mini barramentos no Banhado Grande não possuem significativo impacto na hidrodinâmica do Baixo Gravataí, local onde estão concentradas as demais intervenções estruturais.

Desta forma a ordem construtiva de tal não tem importância relativa ao restante do projeto. De toda a forma, conforme a ação apresentada anteriormente "Programa de Monitoramento Ambiental" é proveitoso o monitoramento das condições do trecho entre o exutório do Banhado e o Passo dos Negros antes de dar andamento aos projetos básicos e executivos em tal trecho, e após a implantação do programa de "**Racionalização e Fiscalização das Demandas Agrícolas**".

3.13.7 Datas de Licitação e Contratação das Obras

✓ Detalhamento dos Projetos

O presente estudo contempla a fase de elaboração do **Projeto Conceitual**, sendo esta a fase inicial do processo de elaboração de um projeto de uma obra.

Neste momento acontece a validação de uma ideia e a confirmação de uma solução para atender à uma determinada necessidade nas diversas áreas da construção.

O **Projeto Básico** reúne os elementos que definem a obra, o serviço ou o complexo de obras e serviços que fazem parte do empreendimento.

O objetivo é definir com precisão as características básicas do empreendimento e o desempenho almejado na obra para que seja possível estimar o custo e prazo de execução. (Quadro 103)

Quadro 103 - Projetos Básicos dos Sistemas de Proteção Contra Cheias

Objeto	Projetos Básicos dos Sistemas de Proteção contra cheias
Justificativa	Complementação das informações de anteprojeto
Local	Nos locais indicados para as obras
Prazo	De acordo com o sequenciamento apresentado.
Responsável	Ver Arranjo Institucional/Municípios
Metodologia	Variável
Custo	Horas técnicas dos diferentes profissionais envolvidos, serviços de topografia e geotecnia - R\$ 5.000.000,00 (global)

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

O **Projeto Executivo** é a etapa posterior que consiste no conjunto dos elementos necessários e suficientes para a execução completa da obra ou do serviço, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Os componentes da obra, como materiais descritivos, cálculos estruturais, desenhos, especificações técnicas e executivas, cronograma e planilhas de orçamento, são reunidos no projeto executivo. (Quadro 104)

Quadro 104 - Projetos Executivos dos Sistemas de Proteção Contra Cheias

Objeto	Projetos Executivos dos Sistemas de Proteção contra cheias
Justificativa	Complementação das informações de projeto básico
Local	Nos locais indicados para as obras
Prazo	De acordo com o sequenciamento apresentado.
Responsável	Ver Arranjo Institucional/Municípios
Metodologia	Variável
Custo	Horas técnicas dos diferentes profissionais envolvidos, serviços de topografia e geotecnia - complementares Projeto Executivo: R\$ 8.000.000,00 (global)

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

O **Licenciamento Ambiental** é a etapa que acompanha a elaboração dos projetos e da execução e operação do empreendimento, consistindo em uma exigência legal a que estão sujeitos todos os empreendimentos ou atividades que empregam recursos naturais ou que possam causar algum tipo de poluição ou degradação ao meio ambiente. (Quadro 105)

É um procedimento administrativo pelo qual é autorizada a localização, instalação, ampliação e operação destes empreendimentos e/ou atividades.

As fases anteriores ao início das obras compreendem a Licença Prévia (LP) e a Licença de Implantação (LI). A LP deve ser solicitada na fase de planejamento da implantação, alteração ou ampliação do empreendimento.

Esta licença apenas aprova a viabilidade ambiental e estabelece as exigências técnicas (as "condicionantes") para o desenvolvimento do projeto, mas não autoriza sua instalação.

A LI aprova os projetos, sendo a licença que autoriza o início da obra de implantação do projeto. É concedida depois de atendidas as condições da Licença Prévia.

Já a Licença de Operação (LO) é a que autoriza o início do funcionamento do empreendimento/obra, das atividades produtivas.

É concedida após vistoria para verificar se todas as exigências foram atendidas.

Quadro 105 - Licenciamento Ambiental dos Sistemas de Proteção Contra Cheias

Objeto	Licenciamento Ambiental LP, LI e LO
Justificativa	Condicionantes dos Projetos
Local	Nos locais indicados para as obras
Prazo	De acordo com o sequenciamento apresentado.
Responsável	Ver Arranjo Institucional/Municípios
Metodologia	Variável
Custo	Horas técnicas dos diferentes profissionais envolvidos na consultoria para a aprovação do licenciamento e taxas dos órgãos ambientais. Licenciamento: R\$ 4.000.000,00 (global)

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.13.8 Cronograma de Execução

A seguir é apresentado o cronograma para implantação de obras na Bacia. (Quadro 106)

A realização destas obras representa alteração no regime hidráulico dos cursos d'água e desta forma devem ser realizadas em uma sequência que permita a minimização de efeitos negativos em outras regiões. Usualmente considera-se que a construção de montante para jusante causará as menores dificuldades na implantação.

Desta forma é de suma importância que a ordenação das obras seja realizada respeitando-se esta peculiaridade.

Quadro 106 - Cronograma de Execução de Projetos e Implantação das Obras

Intervenção	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6
Dique Gravataí						
Dique Porto Alegre-Sarandi-Leste						
Dique Porto Alegre - Vila Dique						
Dique Porto Alegre - Sarandi Oeste						
Dique Cachoeirinha						
Dique Arroio Feijó/Águas Belas						
Mini Barramentos Gravataí						

LEGENDAS	Projeto/Licenciamento	
	Implantação	

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A evidente pressão por urbanização na Região Metropolitana de Porto Alegre compete diretamente com a necessidade de preservação de áreas ribeirinhas, e interfere diretamente na dinâmica do rio, já alterada, e que apresenta frequentes ocorrências de inundações.

Conforme constatado a única alternativa real e **em vigor** atualmente para minimizar os casos de necessidade de atendimento por conta de enchentes mais severas, são os atendimentos efetuados pelos setores de Defesa Civil, bombeiros e saúde pública.

No **diagnóstico** constatou-se que se carece de ações concretas como adoção de medidas estruturais ou não-estruturais contribuir nas ações preventivas e de emergência, visando a solução ou mitigação dos problemas oriundos das cheias e estiagens.

Também foi constatado que seria preciso que o avanço urbano tivesse um planejamento que considerasse a “zona de passagem das enchentes” (TUCCI, 2007), ou seja, que essa faixa deva ficar desobstruída, favorecendo a passagem de cheias sazonais, evitando danos de monta e represamentos.

Entre os municípios da área em estudo, com exceção de Porto Alegre (Departamento de Esgotos Pluviais - DEP) não possuem instrumentos como Plano Diretor de Drenagem consolidados e adequados ao Plano Diretor Urbanístico, incluindo um Manual de Drenagem Urbana e um Caderno de Encargos que normatiza os estudos, projetos e obras a serem contratadas pelas Prefeituras.

Para os demais municípios, identificou-se a carência de instrumentos de normatização do serviço de fiscalização e acompanhamento de projetos e obras, especificamente relacionados à gestão das águas pluviais, como um caderno de encargos, ou manual de projetos, com objetivo estabelecer diretrizes e detalhamentos que orientem para a execução dos serviços e obras contratados.

As interfaces regionais, em se tratando de território e de regime de escoamento, devem prevalecer sobre interesses intramunicipais como de desenvolvimento urbano através da especulação imobiliária a qualquer preço.

O crescimento da população nas áreas urbanas tem aumentado a demanda por água, e comprometendo sua qualidade, devido à carência de infraestrutura e falta de acompanhamento das obras de saneamento ambiental.

Os conflitos pelos usos da água na bacia ficaram evidentes mostrando-se necessário a realização de ajustes em função das outorgas e implementação de um efetivo sistema de fiscalização e cobrança, haja vista competição pelo recurso hídrico principalmente ao longo do período primavera/verão, quando a demanda para irrigação orizícola cresce significativamente, reduzindo a disponibilidade hídrica para abastecimento humano.

Para equilibrar a disponibilidade hídrica versus a demanda ficou constatada a necessidade de proposições seja estruturais e/ou não estruturais, haja vista a incapacidade atual de se atender as demandas de consumo projetadas para a área em estudo.

Assim se verificou a necessidade de reduzir o volume necessário para a rizicultura, que compõe a maior parcela da demanda total, sendo objeto de estudo nos capítulos subsequentes, uma vez constatados os problemas na fase de diagnóstico.

Além dos problemas relacionados à estiagens, se constatou que o processo erosivo está associado ao contorno do fluxo da água superficial nos meses com grandes precipitações, e o alargamento da erosão está associado ao carregamento das partículas de solo por influência do fluxo da água do lençol freático.

A retirada de água do Banhado para a utilização na rizicultura também parece contribuir como a principal causa para diferenças espaço-temporais da vegetação.

No período de verão, quando ocorre a maior retirada de água do Banhado, pode ocorrer um aumento anômalo da produção primária de macrófitas aquáticas, porque a água que retorna ao Banhado pode conter um maior aporte de nutrientes oriundos de zonas de cultivo de arroz em áreas adjacentes ao Banhado Grande.

Os **estudos hidrológicos** realizados neste estudo mostraram que, através da análise de duas condições de vazão de referência ($Q_{85\%}$ e $Q_{90\%}$), as demandas atuais do Rio Gravataí não permitem uma garantia hídrica suficiente para manutenção dos ecossistemas que dependem do curso d'água e nem uma garantia suficiente para a produção agrícola.

Atualmente os efeitos mais aparentes, embora já impactem a condição daqueles que dependem do rio, estão mascarados pela captação não rigorosamente fiscalizada. Os efeitos negativos menos imediatos, como a falha na manutenção dos ecossistemas dependentes do Rio Gravataí, já mostram indicativos talvez irreversíveis na redução de área do Banhado Grande.

Ressalta-se que se utilizando as vazões de referência $Q_{85\%}$ e $Q_{90\%}$ como base para a outorga não está nem se apresentando critério ademais rigoroso, visto outros critérios utilizados em todo o Brasil, mesmo assim, os déficits apresentados no atendimento das demandas foram significativos.

O Plano de Bacia do Gravataí já havia preconizado uma redução de área de plantio de 20% na Bacia do Gravataí a partir da área efetiva de 2011, isto é, uma área efetiva de 16.820 ha.

O presente estudo estimou um crescimento na área de arroz inserida na Bacia do Gravataí para 23.083 ha (2015-2016), ou seja, uma diferença a mais entre a área-meta de 2011 e a área atual de 37%.

Além disto, a prática da rizicultura na bacia demanda a realização de terraplenagem, o que exacerba os problemas de abastecimento, pois a movimentação de solo mobiliza sedimentos nos cursos d'água, o que compromete o funcionamento das captações d'água.

O somatório destes problemas faz com que se apresente uma condição hídrica não sustentável para a Bacia do Rio Gravataí.

Portanto, os estudos subsequentes aos estudos hidrológicos, através da cenarização de alternativas, apresentaram ações e instrumentos para compatibilizar a atividade econômica, vital para os municípios em questão, com a manutenção dos ecossistemas da bacia e garantia do atendimento público, prioridade na legislação de recursos hídricos brasileira.

O estudo demonstrou através das **simulações hidrodinâmicas** diversas regiões impactadas pelos eventos de cheias, com regiões sujeitas a inundações, quando avaliados os TR de 5 a 100 anos, como é o caso de Porto Alegre, Gravataí e Cachoeirinha.

Na etapa de elaboração de **cenários**, as soluções que mostraram os maiores benefícios diretos, com menores externalidades, foram as soluções não-estruturais por zoneamento e estruturais com a criação de polderes.

Ambas apresentam limitações, uma vez que o zoneamento implica na desapropriação de determinadas regiões para a criação de parques e os polderes implicam na construção de diques que alteram as características de escoamento na planície, podendo criar externalidades às regiões vizinhas.

No que tange o atendimento às demandas para irrigação, identificou-se que uma vez constatado que a área de cultivo de arroz existente hoje na bacia (em torno de 23.000 ha de acordo com as projeções desse estudo) não é compatível com o atendimento às demandas prioritárias na bacia, a área de cultivo de culturas irrigadas na bacia **deve diminuir**.

Portanto, o presente estudo indicou a redução da área plantada de arroz na bacia para aproximadamente 5.000 hectares, **ou consumo equivalente**, sendo considerado nesse estudo em 10.000 m³/ano/ha que equivale a 50 hm³/ano para tal área de plantio.

Pelo fato do viés desse trabalho ser a avaliação da disponibilidade hídrica, indicando soluções de forma a mitigar os efeitos das estiagens e obedecendo os dispositivos legais, cabe como proposta, **o cumprimento às vazões máximas outorgáveis por trecho apresentadas nesse estudo**.

Quanto à recuperação de áreas degradadas, o estudo apresentou soluções com o intuito de diminuir os processos erosivos em tais áreas devido ao contínuo aumento do gradiente hidráulico na região causado pelos canais artificiais ali contruídos.

Com a implementação das obras sugeridas, espera-se diminuir o gradiente, assim diminuindo o potencial erosivo do fluxo, em um solo já bastante propício à erosão. Espera-se recuperar os níveis do fundo do canal natural do Rio Gravataí para os valores originais, anteriores à construção do canal do DNOS.

Recomenda-se a realização de estudos mais aprofundados das consequências ambientais da implementação de tais obras, anteriormente à sua execução.

Recomenda-se o monitoramento hidroambiental da região anterior a sua fase de implantação e durante a sua operação para que sejam realizados os ajustes necessários, uma vez que a obra proposta pode ser moldável as necessidades verificadas ao longo do tempo.

Também verificou-se a necessidade de caracterizar o **hidro-período** da região de banhado e da realização de ensaios de **datação radiométrica** das camadas de solo da região para se encontrar a cota do antigo leito do rio.

Quanto ao sistema de monitoramento, previsão e alerta já é uma realidade em fase de operação, no entanto, ainda sendo implementado e melhorado, uma vez que há no estado uma Sala de Situação para a emissão de alerta em operação conjunta com a defesa civil.

Portanto, esse estudo apresenta sugestões para a melhoria da rede existente de forma a melhor alimentar os modelos os quais já se encontram em operação.

Dessa forma, espera-se que os informes de alertas sejam cada vez mais acurados e com maior tempo de antecedência.

Recomenda-se, assim, a contínua operação da rede, através de manutenções regulares, a contínua calibração do modelo de previsão e a consolidação da parceria SEMA e Defesa Civil.

Em relação aos sistemas de seguro de cobertura de inundações, acredita-se que seja uma alternativa viável para o não incentivo a novas ocupações em áreas com frequente inundação, uma vez baseado em risco, assim como o incentivo a desocupação das áreas já ocupadas, caso seja obrigatório.

Recomenda-se ao Estado a avaliação dos quesitos legais para a efetiva implementação das modalidades de seguro sugeridas no estudo.

Quando realizadas as **análises de viabilidade econômica** das propostas efetuadas para as cheias, constatou-se há possibilidades de implementação das intervenções propostas em termos globais (por cenário) e locais (obras), considerando a análise pelo Fluxo de Caixa Descontado, segundo os parâmetros estabelecidos.

O respaldo para essa afirmação foi dado pelos indicadores econômicos calculados a partir do fluxo de caixa das Alternativas propostas, onde se ressalta a Taxa Interna de Retorno (TIR) bem superior ao 12,0% esperado, conforme mostrado anteriormente.

No quesito estiagem, a análise também apresentou resultados em que se verifica a viabilidade de implementação da Política de Gestão do ponto de vista econômico.

O estudo de **análise multicritério** dos cenários desenvolvidos se mostrou uma abordagem satisfatória para a escolha das melhores soluções para a resolução dos problemas nos diferentes locais da bacia, mitigando em termos gerais os efeitos das inundações com as menores contrapartidas possíveis em termos sociais, ambientais e econômicas.

Foram consolidadas as alternativas mais viáveis nos diferentes critérios analisados, apresentados os seus orçamentos e o fluxo de caixa de desembolso consolidado.

No que tange as cheias, o estudo demonstrou que nas diversas regiões impactadas pelos eventos de cheias, quando avaliados os TR de 5 a 100 anos, as alternativas estruturais de polderes nas regiões mais urbanizadas se mostraram as soluções mais econômicas e com menores externalidades.

Combinadas ao zoneamento do restante da planície de inundação, ao monitoramento, previsão e alerta e a implementação de seguros, formam o Cenário consolidado proposto para a mitigação das cheias.

No que tange as estiagens, na análise multicritério se constatou que a regularização das outorgas, através do cadastro e fiscalização, assim atendendo as demandas prioritárias, é a melhor alternativa a ser seguida.

Reitera-se que a área de cultivo de arroz existente hoje na bacia (em torno de 23.000 ha de acordo com as projeções desse estudo) não é compatível com o atendimento às demandas prioritárias na bacia, a área de cultivo de culturas irrigadas na bacia deverá diminuir.

Quanto à recuperação de áreas degradadas, a análise multicritério apresentou como melhor solução a implementação das obras sugeridas quando comparados, principalmente, os investimentos realizados e os benefícios ambientais auferidos.

Espera-se diminuir o gradiente hidráulico, assim diminuindo o potencial erosivo do fluxo, em um solo já bastante propício à erosão. Espera-se recuperar os níveis do fundo do canal natural do Rio Gravataí anterior às condições atuais com a construção do canal do DNOS.

No quesito **Modelagem Institucional**, a análise das possibilidades de arranjo institucional e de viabilização da implantação e operação e manutenção das obras previstas na bacia do Rio Gravataí permite concluir sobre a possibilidade real de avanço na concretização das soluções propostas:

- Existem na bacia as estruturas institucionais necessárias para a gestão da implantação de ações na forma de um programa para toda a bacia ou execução parcial por meio de projetos isolados. Dentre as possibilidades de articulação, destaca-se a GRANPAL - Consórcio Metropolitano;
- Existem alternativas de capacitação técnica já em funcionamento. A alteração do escopo ou da temática das capacitações não representa um empecilho importante;
- Há nas legislações municipais avanços importantes quanto à drenagem urbana, que poderiam ser harmonizados entre os municípios da bacia diretamente afetados pelas obras, de forma a dar um tratamento equivalente a todos os beneficiados ou afetados pelas intervenções;
- O Comitê de Bacia tem uma atuação destacada no processo de publicização das ações realizadas até o momento, podendo ser mantido como um espaço destacado de controle social, especialmente nas ações que envolvam critérios de outorga ou sistemas de informações hidrológicas;
- O Ministério Público é um ator fundamental para a implantação adequada das ações selecionadas e aprovadas nas diferentes instâncias. A participação constante no processo de planificação permite prever a manutenção dessa presença e sua possibilidade de evolução, especialmente no apoio à discussão e busca por solução de conflitos que exijam a articulação entre a conservação ambiental, os direitos sociais e o ordenamento territorial;
- A valorização dos terrenos e a possível valorização dos imóveis atuais e futuros permite a arrecadação de taxas de contribuição e impostos municipais que podem viabilizar a implantação dos diques propostos e a operação e manutenção de todas as estruturas previstas, restando a busca por recursos para a desapropriação das áreas externas ao sistema de proteção ou necessárias para a implantação das intervenções. O investimento inicial pode ser financiado de entidades federais ou internacionais.

O arranjo institucional a ser implantado deve garantir o fluxo financeiro entre os municípios e o órgão estadual que ficará responsável pela gestão de um programa ou conjunto de projetos isolados.

O **Plano de Ação** proposto se apresenta como ferramenta a ser seguida, observando-se a sequência de ações propostas para que o cenário proposto nesse estudo possa ser implementado da maneira mais adequada e **integrada** possível.

Portanto, devem ser observadas tanto as metas de cada uma das ações, assim como a cronologia proposta para as obras de proteção de inundações nas margens do Rio Gravataí.

5 REFERÊNCIAS

PRODUTO 05 - Base de Dados

PRODUTO 06 - Diagnóstico

PRODUTO 07 - Topobatimetria

PRODUTO 08 - Aerofotogrametria

PRODUTO 09 - Cadastro da Rede de Drenagem

PRODUTO 10 - Estudos Hidrológicos

PRODUTO 11 - Simulação Hidráulica e Mapas de Inundação

PRODUTO 12 - Projetos Conceituais dos Cenários de Intervenção

PRODUTO 13 - Análise da Viabilidade das Alternativas

PRODUTO 14 - Consolidação do Conjunto de Intervenções

PRODUTO 15 - Plano de Capacitação e Adequação dos Serviços de Gestão de Águas Pluviais
nos Municípios da Bacia do Rio Gravataí

PRODUTO 16 - Plano de Ação