

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

Contrato nº 004/2015



ETAPA - ESTUDOS DE CONCEPÇÃO

PRODUTO Nº 14 - CONSOLIDAÇÃO DO CONJUNTO DE INTERVENÇÕES



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-EA-06-2018-ACV-03-01		PRODUTOS 14 CONSOLIDAÇÃO DO CONJUNTO DE INTERVENÇÕES			
Revisão	Data	Descrição	Elaborado p/	Aprovado p/	Status
R00	24/05/2018	Emissão inicial	Consórcio Gravataí	METROPLAN	REVISÃO
R01	10/08/2018	Revisão Geral	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. Lawson Beltrame;
- Eng. Thiago Araldi;
- Eng. Luiz Borges Costa;
- Eng. Lucas Rangel Martins;
- Eng. Carlos Wagner da Motta Meirelles;
- Eng. Alexandre Augusto Mees Alves;
- Eng. Joel Avruch Goldenfum;
- Eng. Osmar Wohl Coelho;
- Eng. Elizeu Benetti;
- Eng. Maurício Dambros Melati;
- Eng. Aline de Ávila Ferreira;
- Econ. Clóvis Souza;
- Econ. Otávio Pereira.

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	10
2	INTRODUÇÃO	12
3	CONSOLIDAÇÃO DO CONJUNTO DE INTERVENÇÕES.....	13
3.1	Área de Estudo	13
3.2	Objetivos do Relatório	13
3.3	Planejamento geral.....	14
3.3.1	Horizonte de Planejamento	14
3.3.2	Unidades de Análise Espacial	15
3.4	Análise e Seleção das Alternativas	16
3.4.1	Análise Multicritério.....	17
3.4.2	Critérios Econômicos.....	19
3.4.3	Critérios Sociais.....	20
3.4.4	Critérios Ambientais.....	22
3.4.5	Critérios Logísticos ou Operacionais.....	22
3.4.6	Pesos.....	23
3.4.7	Unidade Global de Avaliação de Cheias - Bacia do Rio Gravataí	24
3.4.8	Unidade de Avaliação da Região das Áreas Degradadas	26
3.4.9	Unidade de Avaliação da Região Impactada pelas Cheias em Porto Alegre	27
3.4.10	Unidade de Avaliação da Região Impactada pelas Cheias em Cachoeirinha	29
3.4.11	Unidade de Avaliação da Região Impactada pelas Cheias em Gravataí	30
3.4.12	Unidade Global de Avaliação de Estiagens - Bacia do Rio Gravataí.....	31
3.5	Intervenções Selecionadas.....	32
3.5.1	Zoneamento Consolidado	32
3.5.2	Intervenções Estruturais.....	36
3.5.3	Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta	68
3.5.4	Sistema de Seguros de Cobertura contra Inundações	69
3.5.5	Política de Gestão de Recursos Hídricos.....	70
3.6	Orçamento das Soluções Consolidadas	71
3.6.1	Zoneamento, Desapropriação e Revitalização das Áreas Desapropriadas.....	71
3.6.2	Orçamento das Obras de Elevação do Dique Vila Dique – Aeroporto	75
3.6.3	Orçamento das Obras do Dique Sarandi – Oeste em P. Alegre.....	76
3.6.4	Orçamento das Obras do Dique de Porto Alegre - Leste Sarandi	77
3.6.5	Orçamento das Obras do Dique de Cachoeirinha	78
3.6.6	Orçamento das Obras do Dique de Gravataí	79
3.6.7	Orçamento das Obras para Revitalização das Áreas Degradadas	80
3.6.8	Orçamento das Melhorias no Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta de Cheias	82
3.6.9	Orçamento para Regularização e Fiscalização de Outorgas.....	82
3.6.10	Resumo	83
3.7	Fluxo de Caixa das Soluções Consolidadas	85

4	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	87
5	ANEXOS	89
5.1	Resultados Hidrológicos para o Cenário Tendencial	93
5.2	Resultados Hidrológicos para o Cenário Consolidado	104
5.3	Mapas dos Resultados Hidrológicos para o Cenário Consolidado	112
5.4	Mapas de Inundação para o Cenário Consolidado	130
5.5	Diferenças no nível d'água entre os Cenário Tendencial e Consolidado	151
5.6	Zoneamento Consolidado.....	163
5.7	Mapa de Perigo.....	175
5.8	Anteprojetos.....	177
5.8.1	Geral	179
5.8.2	Dique Porto Alegre – Elevação Vila Dique	181
5.8.3	Dique Porto Alegre - Sarandi Oeste	185
5.8.4	Dique Porto Alegre - Sarandi Leste.....	189
5.8.5	Dique Cachoeirinha	193
5.8.6	Dique Gravataí.....	197
5.8.7	Banhado Grande	201
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	220

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Situação e localização da Bacia do Rio Gravataí	13
Figura 2 - Dique proposto ao Norte de Porto Alegre – Vila Dique.....	36
Figura 3 - Seção-tipo da elevação dique proposto ao Norte de Porto Alegre – Vila Dique.	37
Figura 4 - Volumes da elevação do dique proposto ao Norte de Porto Alegre – Vila Dique.....	38
Figura 5 - Dique proposto no Bairro Sarandi – Oeste em Porto Alegre e sistema de bombeamento	39
Figura 6 - Seção-tipo do dique proposto no Bairro Sarandi - Oeste em Porto Alegre	40
Figura 7 - Esquema gráfico dos volumes do dique no Bairro Sarandi - Oeste em Porto Alegre	42
Figura 8 - Dique proposto no Bairro Sarandi em Porto Alegre e sistema de bombeamento.	43
Figura 9 - Seção-tipo do dique proposto no Bairro Sarandi em Porto Alegre	44
Figura 10 - Esquema gráfico dos volumes do dique no Bairro Sarandi em Porto Alegre	45
Figura 11 - Dique proposto em Cachoeirinha e sistema de bombeamento.	46
Figura 12 - Seção-tipo dique de proteção em Cachoeirinha	47
Figura 13 - Esquema gráfico dos volumes do dique de proteção em Cachoeirinha.....	48
Figura 14 - Dique proposto no Bairro Caça e Pesca em Gravataí e sistema de bombeamento.	49
Figura 15 - Seção-tipo do dique no Bairro Caça e Pesca em Gravataí	50
Figura 16 - Esquema gráfico dos volumes do dique no Bairro Caça e Pesca em Gravataí	52
Figura 17 - Perfil longitudinal do fundo do Canal do DNOS.	54
Figura 18 - Perfil comparativo das cotas de fundo dos meandros e do canal.	54
Figura 19 - Perfil atual da linha d'água no canal do DNOS e amplitude de cotas (fundo e margem)	56
Figura 20 - Perfil longitudinal do Canal do DNOS	58
Figura 21 - Diferentes condições hidráulicas para passagem de fauna.....	59
Figura 22 - Localização do Canal do DNOS (em vermelho)	60
Figura 23 - Localização dos pequenos barramentos galgáveis ao longo do Canal do DNOS	62
Figura 24 - Seção transversal tipo dos barramentos galgáveis em Gabiões.....	64
Figura 25 - Planta-baixa tipo dos barramentos galgáveis em gabiões.....	65
Figura 26 - Seção-tipo longitudinal dos barramentos galgáveis em gabiões.....	66
Figura 27 - Nomenclatura dos componentes hidrológicos utilizados no modelo: bacias.....	113
Figura 28 - Nomenclatura dos componentes hidrológicos utilizados no modelo: trechos	114
Figura 29 - Classificação do coeficiente CN para as sub-bacias do modelo	115
Figura 30 - Percentual de impermeabilização na bacia do Gravataí.....	116
Figura 31 - Vazões com TR 5 anos	117
Figura 32 - Vazões com TR 10 anos	118
Figura 33 - Vazões com TR 25 anos	119
Figura 34 - Vazões com TR 50 anos	120
Figura 35 - Vazões com TR 100 anos	121
Figura 36 - Vazão Q85% (sem obras no banhado).....	122
Figura 37 - Vazão Q90% (sem obras no banhado).....	123
Figura 38 - Vazão Q95% (sem obras no banhado).....	124
Figura 39 - Vazão Q99% (sem obras no banhado).....	125

Figura 40 - Vazão Q85% (com obras no banhado).....	126
Figura 41 - Vazão Q90% (com obras no banhado).....	127
Figura 42 - Vazão Q95% (com obras no banhado).....	128
Figura 43 - Vazão Q99% (com obras no banhado).....	129
Figura 44 - Escopo da área de modelagem hidrodinâmica.....	131
Figura 45 - Dados planialtimétricos utilizados	132
Figura 46 - Coeficiente de Rugosidade de Manning	133
Figura 47 - Articulação dos Mapas de Inundação	134
Figura 48 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 5 anos - situação geral	135
Figura 49 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 10 anos - situação geral	136
Figura 50 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 25 anos - situação geral	137
Figura 51 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 50 anos - situação geral	138
Figura 52 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 100 anos - situação geral	139
Figura 53 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 1.....	140
Figura 54 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 2.....	141
Figura 55 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 3.....	142
Figura 56 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 4.....	143
Figura 57 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 5.....	144
Figura 58 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 6.....	145
Figura 59 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 7.....	146
Figura 60 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 8.....	147
Figura 61 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 9.....	148
Figura 62 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 10.....	149
Figura 63 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 11.....	150
Figura 64 - Articulação dos Mapas de Diferenças.....	152
Figura 65 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Gravataí	153
Figura 66 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Área 1	154
Figura 67 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Área 2	155
Figura 68 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Área 3	156
Figura 69 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Área 4	157
Figura 70 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Área 5	158
Figura 71 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Área 6	159
Figura 72 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Área 7	160
Figura 73 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Área 8	161
Figura 74 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Área 9	162
Figura 75 - Articulação dos Mapas de Zoneamento.....	164
Figura 76 - Zoneamento - Rio Gravataí - Situação Geral.....	165
Figura 77 - Zoneamento consolidado - Detalhe Área 1.....	166
Figura 78 - Zoneamento consolidado - Detalhe Área 2.....	167
Figura 79 - Zoneamento consolidado - Detalhe Área 3.....	168

Figura 80 - Zoneamento consolidado - Detalhe Área 4.....	169
Figura 81 - Zoneamento consolidado - Detalhe Área 5.....	170
Figura 82 - Zoneamento consolidado - Detalhe Área 6.....	171
Figura 83 - Zoneamento consolidado - Detalhe Área 7.....	172
Figura 84 - Zoneamento consolidado - Detalhe Área 8.....	173
Figura 85 - Zoneamento consolidado - Detalhe Área 9.....	174
Figura 86 – Mapa de Perigo	176
Figura 87 - Localização das intervenções consolidadas - Planta Baixa 1/1.....	180
Figura 88 - Dique Porto Alegre – Vila Dique - Planta Baixa 1/1	182
Figura 89 - Dique Porto Alegre - Vila Dique - Seção-tipo 1/1.....	183
Figura 90 - Dique Porto Alegre - Vila Dique - Esquema gráfico volumes e áreas 1/1	184
Figura 91 - Dique Porto Alegre - Sarandi Oeste - Planta Baixa 1/1	186
Figura 92 - Dique Porto Alegre - Sarandi Oeste - Seção-tipo 1/1	187
Figura 93 - Dique Porto Alegre - Sarandi Oeste - Esquema gráfico volumes e áreas 1/1.....	188
Figura 94 - Dique Porto Alegre - Sarandi Leste - Planta Baixa 1/1	190
Figura 95 - Dique Porto Alegre - Sarandi Leste - Seção-tipo 1/1	191
Figura 96 - Dique Porto Alegre - Sarandi Leste - Esquema gráfico volumes e áreas 1/1.....	192
Figura 97 - Dique Cachoeirinha - Planta Baixa 1/1	194
Figura 98 - Dique Cachoeirinha - Seção-tipo 1/1	195
Figura 99 - Dique Cachoeirinha - Esquema gráfico volumes e áreas 1/1	196
Figura 100 - Dique Gravataí - Planta Baixa 1/1.....	198
Figura 101 - Dique Gravataí - Seção-tipo 1/1.....	199
Figura 102 - Dique Gravataí - Esquema gráfico volumes e áreas 1/1	200
Figura 103 - Banhado Grande - Planta Baixa - Localização dos Barramentos Galgáveis 1/2.....	203
Figura 104 - Banhado Grande - Planta Baixa - Localização dos Barramentos Galgáveis 2/2;.....	204
Figura 105 - Banhado Grande - Seções Transversais 1/5;	205
Figura 106 - Banhado Grande - Seções Transversais 2/5;	206
Figura 107 - Banhado Grande - Seções Transversais 3/5;	207
Figura 108 - Banhado Grande - Seções Transversais 4/5;	208
Figura 109 - Banhado Grande - Seções Transversais 5/5;	209
Figura 110 - Banhado Grande - Seção-tipo 1/1.....	210
Figura 111 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 1/9.....	211
Figura 112 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 2/9.....	212
Figura 113 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 3/9.....	213
Figura 114 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 4/9.....	214
Figura 115 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 5/9.....	215
Figura 116 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 6/9.....	216
Figura 117 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 7/9.....	217
Figura 118 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 8/9.....	218
Figura 119 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 9/9.....	219

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Dados do Contratante	10
Quadro 2 - Dados do Consórcio.....	11
Quadro 3 - Dados do Contrato	11
Quadro 4 - Produtos previstos no contrato e status de execução	12
Quadro 5 - Pesos atribuídos para cada área	18
Quadro 6 - Pesos atribuídos para cada critério de avaliação	24
Quadro 7 - Análise Multicritério Global Cheias - Bacia do Rio Gravataí	25
Quadro 8 - Pesos atribuídos para cada critério de avaliação para as áreas degradadas	26
Quadro 9 - Análise Multicritério - Região das Áreas Degradadas	27
Quadro 10 - Análise Multicritério Cheias - Região do Município de Porto Alegre	28
Quadro 11 - Análise Multicritério Cheias - Região do Município de Cachoeirinha	29
Quadro 12 - Análise Multicritério Cheias - Região do Município de Gravataí	30
Quadro 13 - Análise Multicritério Global Estiagens - Bacia do Rio Gravataí.....	31
Quadro 14 - Quantitativos das obras do dique proposto ao Norte de Porto Alegre – Vila Dique.....	39
Quadro 15 - Quantitativos das obras do dique no Bairro Sarandi - Oeste em Porto Alegre	41
Quadro 16 - Quantitativos das obras do dique no Bairro Sarandi em Porto Alegre	46
Quadro 17 - Quantitativos das obras do dique de proteção em Cachoeirinha	49
Quadro 18 - Quantitativos das obras do dique no Bairro Caça e Pesca em Gravataí	52
Quadro 19 - Localização e características geométricas dos barramentos galgáveis.....	61
Quadro 20 - Altura dos barramentos acima do fundo do canal.	63
Quadro 21 - Quantitativos dos barramentos galgáveis em gabiões.	67
Quadro 22 - Estações Pluviométricas a serem aparelhadas	68
Quadro 23 - Estações Fluviométricas a serem aparelhadas	69
Quadro 24 - Orçamento da desapropriação da zona de passagem de cheias no Zoneamento	72
Quadro 25 - Orçamento da demolição das áreas a serem desapropriadas	73
Quadro 26 - Custos de revitalização de áreas desapropriadas e implantação de parques lineares.....	73
Quadro 27 - Custo Total da Revitalização da Área.....	74
Quadro 28 - Custo total do zoneamento, desapropriação e revitalização das áreas desapropriadas	74
Quadro 29 - Custo Total da elevação do dique Vila Dique em Porto Alegre – Aeroporto.....	75
Quadro 30 - Custo Total da Implantação do dique em Porto Alegre – Sarandi Oeste	76
Quadro 31 - Custo total da Implantação do dique no bairro Sarandi em Porto Alegre – Leste.....	77
Quadro 32 - Custo Total da Implantação do dique em Cachoeirinha.....	78
Quadro 33 - Custo Total da Implantação do dique em Gravataí	79
Quadro 34 - Orçamento dos Mini - barramentos.....	81
Quadro 35 - Custos de instalação de estações hidrometeorológicas.....	82
Quadro 36 - Custos de implantação da estrutura básica de controle do uso da água.....	83
Quadro 37 - Levantamento de custos de implementação das intervenções consolidadas	84
Quadro 38 - Intervenções consolidadas na Bacia - Fluxo de caixa de investimentos.....	86
Quadro 39 - Parâmetros Hidrológicos CN e % impermeável.....	94

Quadro 40 - Vazões de Cheia para TR5, 10, 25, 50 e 100 anos nas sub-bacias no cenário tendencial...	95
Quadro 41 - Vazões de Cheia para TR5, 10, 25, 50 e 100 anos nos trechos no cenário tendencial.....	97
Quadro 42 - Percentis de vazão anual no cenário tendencial (sem obras no banhado).....	98
Quadro 43 - Cenário tendencial (sem obras no banhado) - Vazão Q90% Mensal por sub-bacia.....	100
Quadro 44 - Cenário tendencial (sem obras no banhado) - Vazão Q85% Mensal por sub-bacia.....	102
Quadro 45 - Percentis de vazão anual para o cenário com obras no banhado.....	105
Quadro 46 - Cenário consolidado com obras no banhado - Vazão Q90% Mensal por sub-bacia	107
Quadro 47 - Cenário consolidado com obras no banhado - Vazão Q85% Mensal por sub-bacia	110

1 APRESENTAÇÃO

Este documento é parte integrante do “Estudo de Alternativas e Projetos para Minimização do Efeito das Cheias e Estiagens na Bacia do Rio Gravataí” e trata do “PRODUTO 14 - CONSOLIDAÇÃO DO CONJUNTO DE INTERVENÇÕES”, 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
Editais 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 14 - CONSOLIDAÇÃO DO CONJUNTO DE INTERVENÇÕES”, referente à Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, localizada no estado do Rio Grande do Sul, conforme solicitado no Termo de Referência:

PRODUTO 14 - Consolidação Do Conjunto De Intervenções

Com base nos estudos de viabilidade e nas impressões da comunidade buscadas por meio das ações de participação pública, deverá ser selecionado o conjunto de medidas estruturais e não estruturais a serem implantadas. Deverá ser indicada a ordem de prioridade das intervenções da alternativa recomendável a ser seguida quando do desenvolvimento do projeto, considerando custo-benefício e viabilidade financeira. [...]

[...] Esse produto deverá compor um caderno com a justificativa da seleção de alternativas de intervenção, contendo em anexo:

- *Plantas dos projetos de engenharia;*
- *Memorial descritivo;*
- *Memória de cálculo;*
- *Quantitativos e orçamentos.*

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	
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	Executado

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3 CONSOLIDAÇÃO DO CONJUNTO DE INTERVENÇÕES

3.1 Área de Estudo

A Figura 1 apresenta a situação e localização da área de estudo.

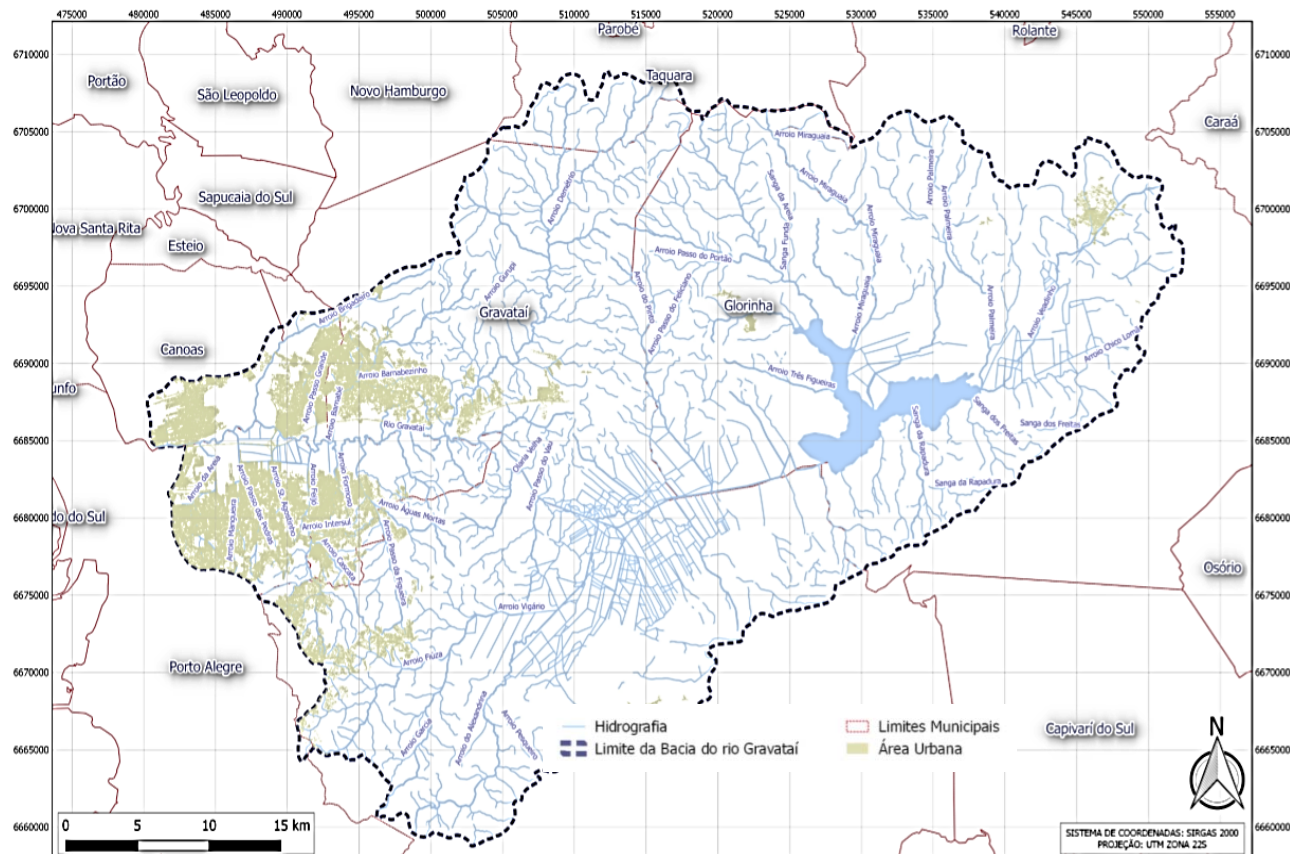


Figura 1 - Situação e localização da Bacia do Rio Gravataí
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.2 Objetivos do Relatório

O PRODUTO 14 - Consolidação do Conjunto de Intervenções tem 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, conforme explanado no Item 3.4, adiante.

Os objetivos específicos do Produto 14 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.

3.3 Planejamento geral

Conforme o TR:

PRODUTO 14 - Consolidação Do Conjunto De Intervenções

.....

O estudo de viabilidade deve considerar as componentes ambientais, social, técnica e econômica das obras e das medidas não estruturais de forma integrada, possibilitando a seleção do melhor conjunto de intervenções através de uma avaliação multicriteriosa. Devem ser considerados os pontos de vista das comunidades afetadas, da sociedade e dos entes públicos envolvidos nos projetos.

Sendo assim, o presente relatório 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.

Particularmente, torna-se interessante para o setor público, no qual seus gestores têm que tomar decisões para a sociedade como um todo, sem a priorização de um determinado grupo, abrindo a possibilidade de a decisão ser mais participativa, contemplando diferentes interesses.

3.3.1 Horizonte de Planejamento

A consolidação das intervenções foi realizada a partir de uma análise multicritério dos diversos aspectos num horizonte de planejamento de 30 anos.

Nos Cenários 0, 1 e 2, depois de projetado o cenário futuro tendencial de crescimento urbano e o aumento das demandas hídricas na bacia, foram avaliadas as diferentes soluções sendo ponderados os aspectos econômico, social, técnico e ambiental entre benefícios e prejuízos nesse horizonte de planejamento.

3.3.2 Unidades de Análise Espacial

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.

O caso das intervenções em áreas degradadas é um exemplo de características únicas, pois os benefícios auferidos na implementação de medidas na região são de difícil mensuração, e por isso, sua viabilidade econômica é mais dificilmente estimada. Ao passo que ao se analisar a viabilidade global das intervenções, tal alternativa se torna viável economicamente.

Tais constatações são realizadas se observando o viés econômico, o que não impede que a análise multicritério seja feita individualmente para uma intervenção com caráter ambiental, ao se considerar os demais aspectos envolvidos na decisão. Portanto, a análise é realizada de forma global na bacia e também individualmente nas regiões impactadas por cada intervenção, considerando os Cenários 0, 1 e 2.

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).

Nesse sentido, a Bacia do Gravataí, apesar de ter sido dividida inicialmente em:

- Macro unidade do Alto Gravataí - Formadores;
- Macro unidade do Alto Gravataí - Banhado Grande;
- Macro unidade do Médio Gravataí;
- Macro unidade do Baixo Gravataí.

No presente relatório ela, 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.

Serão comparados os cenários já descritos no PRODUTO 12 - PROJETOS DOS CENÁRIOS DE INTERVENÇÕES e recapitulados abaixo:

✓ **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.
- 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.
- 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.

3.4 Análise e Seleção das Alternativas

A análise de alternativas consiste no processo em que um indivíduo (ou grupo de indivíduos) contempla uma escolha em um ambiente incerto. A teoria de análise de decisão nada mais é que o auxílio para esta tomada de decisão entre um grupo de alternativas pré-determinadas.

O processo decisório se baseia nas informações disponíveis sobre cada uma destas alternativas e do sistema como um todo. A qualidade de informação pode ser bastante variável, desde grandezas mensuráveis, passando por simulações e projeções até o uso de interpretações subjetivas.

A diversidade e variabilidade da qualidade das informações demandam métodos e técnicas que possam assistir no processamento de tais informações, esperando-se assim que sejam tomadas melhores decisões.

Os valores e percepções da sociedade são a força por trás de qualquer atividade decisória. Tais são articulados na forma de um objetivo para tal sociedade o que por vezes se transforma em tomada de ação formal, dentro de cenários possíveis.

3.4.1 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 em conjunto 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 5:

Quadro 5 - 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 e prejuízo remanescente (VPL);
- 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.

3.4.2 Critérios Econômicos

✓ **Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e prejuízo remanescente (VPL)**

O valor presente dos custos de implantação e das despesas de operação somados ao prejuízo remanescente, aqui chamado de VPL, não leva em consideração o benefício gerado pela intervenção.

São contabilizados e trazidos a valor presente todos os custos relativos à implementação da solução e operação dentro do horizonte de projeto juntamente ao prejuízo remanescente na região.

Quanto maior o VPL, menor a nota atribuída à solução analisada. Os valores de VPL são normalizados com base no menor VPL que recebe a nota 1.

Optou-se por utilizar tal métrica, uma vez que podem ser comparados entre si, os três cenários analisados, pois todos envolvem custos, inclusive o cenário tendencial (C0) ao se contabilizar os prejuízos. Em contraponto, a TIR (Taxa Interna de Retorno) e o B/C (relação benefício custo) já levam em consideração os prejuízos no cenário tendencial (C0) quando convertidos em benefícios nos cenários alternativos 1 e 2, permitindo dessa forma, apenas comparar os dois cenários alternativos.

✓ **Interferências em atividades econômicas**

Os eventos extremos de cheia geram impactos secundários nas atividades econômicas locais, independentemente do tamanho da operação. Tais impactos podem ser importantes, mas são difíceis de serem quantificados.

Cenários que permitem que inundações ocorram com mais frequência em regiões com maior densidade de atividades econômicas (serviços, comércio ou indústria) são penalizadas na sua pontuação.

✓ **Prejuízos remanescentes**

O critério de prejuízos remanescentes leva em consideração que, mesmo após melhores esforços para mitigação dos impactos das cheias, ainda podem existir problemas na região do estudo. Tal prejuízo é medido através do número contabilizado de edificações remanescentes que continuarão a conviver com os eventos de inundações em cada alternativa analisada.

Propostas que minimizem tais prejuízos recebem notas mais elevadas do que propostas que permitem que tais ocorram. Os valores são normalizados com base no menor número de edificações remanescentes que recebe a nota 1.

3.4.3 Critérios Sociais

✓ **Interferências com a infraestrutura existente (implantação)**

Tal critério considera que a implantação dos elementos de proteção contra cheias gera impactos sobre a infraestrutura pública existente.

Por vezes para a construção de diques, por exemplo, é necessária a alteração do traçado de uma avenida ou até a eliminação de uma via de acesso local. Tais causam interferência na qualidade de vida local, especialmente durante a execução das obras.

Os cenários que apresentem o mínimo de interferência sobre a infraestrutura existente recebem notas melhores do que aqueles que demandam alterações físicas significativas.

✓ **Desapropriação / Reassentamento de população**

Este critério avalia a necessidade e magnitude de desapropriação e reassentamento. O processo de desapropriação consiste na transferência compulsória de propriedade particular (regular ou irregular) para o Poder Público quando existe benefício ao coletivo.

Dentro dos cenários propostos tais ocorrem por:

- Situarem-se dentro de zonas de passagem de cheia e sua permanência aumenta o risco de inundação para a população em geral OU;
- Situam-se em áreas a serem implantadas soluções estruturais que impossibilitam a coexistência.

A desapropriação depende de fundamentação do Poder Público, que será pautado na necessidade pública, utilidade pública ou interesse social e deverá ser indenizada mediante prévia e justa indenização em dinheiro ao expropriado, requisitos indispensáveis à consecução do instituto, tal como é determinado pela Constituição Federal.

O processo de reassentamento é executado quando se identifica que os residentes da área de escopo não apresentam condições próprias para estabelecer residência fixa com as condições mínimas.

Tal processo demanda, usualmente, a construção de habitações populares em local a ser definido.

Tanto a desapropriação quanto o reassentamento são processos complexos, onerosos e que demandam força política para execução.

Os reassentados, usualmente população de baixa renda, são muitas vezes aqueles com as maiores dificuldades para locomoção entre seus locais atuais e as zonas em que interagem com a sociedade, seja seu trabalho, escola ou acesso aos serviços públicos, desta forma, apresentam-se particularmente vulneráveis a estes processos.

Os custos monetários de desapropriação são computados a parte. O presente critério almeja levar em consideração apenas os impactos sociais do processo de desapropriação e realocação.

Tal critério é medido através do número contabilizado de edificações a serem desapropriadas em cada alternativa analisada. Os valores são normalizados com base no menor e no maior número de edificações desapropriadas: o maior recebe nota 0 e o menor nota 1, e então o valor intermediário é interpolado.

✓ **Conflitos nos usos do solo e da água**

No caso da bacia do Gravataí o principal conflito entre usos do solo e da água se dá na região de áreas degradadas em que se busca, e é proposto no Termo de Referência, revitalizar as áreas degradadas pelo cultivo de culturas irrigadas, que antigamente eram ecossistemas de banhado e hoje se encontra drenados e com problemas de erosão.

Portanto, nessa situação específica, será dada nota maior à alternativa que busca atender as solicitações do Termo de Referência, que na essência, traduz os anseios da sociedade na recuperação dessas áreas frente ao cenário atual e tendencial.

Sob a ótica das estiagens, a região cita acima também sofre com conflitos nos usos do solo e da água, uma vez que foi constatada a incompatibilidade da disponibilidade hídrica da bacia e a demanda para o plantio de culturas irrigadas.

Portanto, quando analisadas as alternativas para solução dos problemas de estiagem, as alternativas que beneficiem as demandas prioritárias (abastecimento público e dessedentação animal), terão pesos maiores àquelas em desobediência à legislação.

No que tange as soluções para mitigação dos impactos das cheias, o conflito no uso do solo e da água ocorre quando há ocupações em regiões com alto e médio risco de inundações. Desta forma, soluções que mantêm um maior número de ocupações em tais áreas, terão nota relativa mais baixa e vice-versa.

✓ **Risco de vida**

Embora o risco a vida humana sempre exista é papel de qualquer solução de engenharia a minimização de tais.

Muitas vezes profundidades e velocidades de escoamento aparentemente pequenas e de difícil avaliação pela população em geral apresentam risco de ferimento e morte significativo, principalmente quando se trata de crianças, idosos ou aqueles com dificuldade de locomoção.

A melhor defesa quanto a tais riscos é expor o mínimo de população a eventos de cheia recorrentes.

Estatisticamente (na região de escopo do estudo) a perda de vida humana por evento de cheia e população atingida é pequena, de toda a forma, soluções que reduzam a área inundada serão mais eficazes na redução do risco inerente das cheias e receberam uma nota relativa mais alta.

3.4.4 Critérios Ambientais

✓ **Alteração no regime e na qualidade de água**

Este critério considera a alteração no regime hidrodinâmico dos cursos d'água impactados pela implantação da alternativa.

Alteração excessiva nos níveis ou nas velocidades em determinados trechos não são desejáveis, pois impactam na interação pré-existente da população com o rio e podem gerar efeitos imprevisíveis.

Aquelas alternativas que mantêm as condições (no curso d'água principal) mais próximas da condição existente receberão notas relativas mais elevadas do que aquelas que não.

Enquanto no aspecto da qualidade, os cenários que melhoram a qualidade da água têm tal impacto contabilizado através de melhores notas.

✓ **Interferências em áreas de proteção ambiental**

Este critério considera a interferência causada pela implantação da solução em áreas de proteção ambiental.

Mesmo que o foco do trabalho seja a mitigação de impactos em áreas antropizadas é possível que haja interferência em áreas fundamentais para a conservação da fauna e flora nativa. Um fator importante a ser considerado é o efeito de diques na interrupção de contínuos (ou corredores) ambientais.

Proposições de ações em que a interferência em áreas de proteção ambiental seja mínima receberão notas relativas mais elevadas do que aquelas em que as interferências sejam significativas.

No caso de intervenções nas áreas degradadas, justamente para a recuperação de áreas de proteção ambiental, essas terão as notas relativas mais altas.

✓ **Remoção de cobertura vegetal**

A remoção extensa de cobertura vegetal existente não só tem o potencial de incrementar as vazões de pico em eventos extremos, mas também potencialmente podem exacerbar processos erosivos.

O incremento da velocidade de escoamento superficial acoplado com a fragilização do solo exposto pode criar situações que colocam em risco edificações em regiões ribeirinhas assim como promover deslizamentos em determinadas áreas.

Além disto, o incremento de Material suspenso no corpo hídrico pode gerar problemas de qualidade d'água.

Soluções que mantenham a cobertura vegetal receberam uma avaliação próxima de 1 e aquelas que demandem a remoção de tal receberão uma nota menor.

3.4.5 Critérios Logísticos ou Operacionais

✓ **Interferência com os serviços públicos (eventos)**

Os Cenários propostos não necessariamente protegem 100% das áreas inundáveis.

O Cenário C0, por exemplo, apresenta quais os impactos de convivências com as inundações. Sabe-se que além da população atingida diretamente, a infraestrutura pública pode ser impactada pelas cheias dos cursos d'água.

A interrupção do funcionamento de uma estação de tratamento de água ou o impedimento de acesso a um serviço de saúde tem impactos difíceis de serem quantificados, mas importantes para a população, especialmente a de mais baixa renda.

Cenários em que os serviços públicos são impactados negativamente a cada evento de chuva receberão notas baixas enquanto cenários que protegem tais áreas possuem uma nota mais elevada.

Os serviços públicos levados em consideração são:

- Tratamento e distribuição de água;
- Tratamento e bombeamento de esgoto;
- Serviços de Saúde (hospitais, postos de saúde, UPAs);
- Serviços de distribuição de energia;

✓ **Operação e manutenção**

A complexidade de um sistema de proteção contra inundações pode, ao longo do tempo, tornar-se um fator de risco significativo.

Mesmo obras que aparentemente demandam pouca atenção, como diques, precisam de cuidados periódicos para seu correto funcionamento.

O crescimento de vegetação de grande porte, por exemplo, é comum em obras deste tipo, e podem causar graves problemas, inclusive o rompimento da obra em si.

No Brasil culturalmente não existe a expectativa que tal tipo de infraestrutura demande atenção periódica, na forma de inspeção regular, por exemplo, deixando que seja dada importância apenas quando se ocorrem incidentes.

A quantidade de estações de bombeamento também é um parâmetro que vai além do custo de operação e manutenção.

Quanto mais estações necessárias para o sistema funcionar mais o risco inerente do sistema, na forma de falhas de abastecimento de energia elétrica ou até lapso na manutenção de tal.

Muito da infraestrutura de drenagem é de cargo do município, que usualmente possuem poucos recursos disponíveis. Se a gestão de tal segmento sofrer deslize um sistema de proteção complexo é muito mais vulnerável que um passivo.

Uma nota "1" representa um sistema que é relativamente mais resiliente sem a intervenção humana, enquanto uma nota "0" mostra um que é significativamente dependente.

3.4.6 Pesos

Abaixo no Quadro 6 são apresentados os pesos finais utilizados para cada critério de avaliação dos Cenários.

Quadro 6 - Pesos atribuídos para cada critério de avaliação

Critérios	Peso
Econômicos	
Valor presente dos custos de implantação, despesas de operação e prejuízo remanescente (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

3.4.7 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 7 apresenta os resultados da análise.

Quadro 7 - 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.

3.4.8 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 atual (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 8 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 8 - 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 9 apresenta os resultados da análise.

Quadro 9 - 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.

3.4.9 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 10 apresenta os resultados da análise.

Quadro 10 - 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.

3.4.10 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 11 apresenta os resultados da análise.

Quadro 11 - 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.

3.4.11 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 12 apresenta os resultados da análise.

Quadro 12 - 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.

3.4.12 Unidade Global de Avaliação de Estiagens - Bacia do Rio Gravataí

Os critérios definidos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0 e o Cenário Alternativo com a implantação efetiva da política de gestão de recursos hídricos na bacia que prioriza as demandas elencadas por lei.

Foram comparados os cenários, tendencial com a manutenção do crescimento tendencial das áreas de plantio irrigado na bacia, e o cenário regulado.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso do cenário 0 é o prejuízo calculado pelo não atendimento às demandas de abastecimento público e o cenário alternativo regulado quantifica os custos elencados para se realizar a regularização e a fiscalização efetiva das outorgas sendo contabilizados no item VPC.

O Quadro 12 apresenta os resultados da análise.

Quadro 13 - Análise Multicritério Global Estiagens - 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\$)	447.794.643	36.285.015	0,08	1,00	0,30	0,02	0,30
Interferências em atividades econômicas	0,5	1,0	0,50	1,00	0,02	0,01	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	0,5	1,00	0,50	0,03	0,03	0,02
Desapropriação / Relocação de população	1,0	1,0	1,00	1,00	0,15	0,15	0,15
Conflitos nos usos do solo e da água	0,0	1,0	0,00	1,00	0,05	0,00	0,05
Prejuízos remanescentes	0,0	1,0	0,00	1,00	0,15	0,00	0,15
Risco de vida	0,9	1,0	0,90	1,00	0,10	0,09	0,10
Alteração no regime e na qualidade de água	0,0	1,0	0,00	1,00	0,02	0,00	0,02
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,0	1,0	0,00	1,00	0,04	0,00	0,04
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 estiagens)	0,0	1,0	0,00	1,00	0,02	0,00	0,02
Operação e manutenção	1,0	0,0	1,00	0,00	0,08	0,08	0,00
TOTAL						0,38	0,91

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Tendo em vista a melhor pontuação do cenário alternativo regulado (C1/C2), tem-se um indicador de que a melhor alternativa a ser levada adiante é a de regularização e fiscalização das outorgas na bacia.

Portanto, nessa situação a melhor alternativa é o atendimento às demandas prioritárias na bacia, atendendo os anseios da sociedade no aumento da segurança hídrica ao abastecimento público a partir de uma maior regulação do bem.

3.5 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 0.

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.

3.5.1 Zoneamento Consolidado

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 consistiu 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 pelo sistema de alerta.

O Zoneamento foi baseado em uma avaliação objetiva da adequação do uso do solo, risco de cheias, aspectos ambientais, sociais, econômicas e administrativas. Para tanto, foram 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 cheias¹.

✓ **Delimitação da Planície de Inundação:**

A determinação da *planície de inundação para efeitos de zoneamento* foi efetuada em função do risco de ocorrência de inundações. Tradicionalmente, a planície de inundação, à qual foram estabelecidas as regras de ocupação referentes ao zoneamento, é associada à área delimitada pela cota de inundação da cheia com TR = 100 anos.

O Zoneamento de Inundações contemplou 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), sendo definidas três zonas de risco:

- **Zona de Passagem de Cheias**, que deverá ser mantida desobstruída: corresponde ao canal do rio e às áreas adjacentes que deverão permanecer livres de obstrução para que a inundação de TR = 100 anos possa ser transportada para jusante (DNR, 2014).

Esta faixa funcionará hidraulicamente permitindo o escoamento da cheia de TR = 100 anos, de forma que não serão criados novos problemas, nem a montante nem a jusante. Esta faixa deverá ficar desobstruída para evitar danos de monta e represamentos;

- **Zona com Restrições de Ocupação**, onde será 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 ficará inundada, mas, devido às pequenas profundidades e baixas velocidades, não irá contribuir muito para a drenagem da enchente. A ocupação desta área será permitida, mas devendo ocorrer com restrições para garantir danos mínimos, e um plano de contingência deverá 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.

¹ Com a implantação de diques, zonas que antes eram de passagem de cheias ou com restrição de ocupação passam a ser de baixo risco.

Destaca-se, porém, que será 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 mencionado no PRODUTO 12.

Em consequência, esta faixa deverá ficar desobstruída para evitar danos de monta e represamentos. A área poderá ser utilizada desde que não obstrua o escoamento e que, ao inundar, não sofra prejuízos humanos e materiais significativos.

Não deverá ser permitida nenhuma nova construção e o Poder Público poderá, paulatinamente, relocar as habitações existentes.

Na construção de obras como rodovias e pontes, deverá ser verificado se as mesmas produzem obstruções ao escoamento.

Usos potenciais: agrícola, parques, estacionamentos, banhados e áreas ambientais, serviços.

- **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 ficará inundada durante os eventos, mas, devido às pequenas profundidades e baixas velocidades, não contribui muito para a drenagem da enchente.

A ocupação desta área será permitida, mas deverá ocorrer com restrições para garantir danos mínimos, e um plano de contingência deverá 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 caso sejam ocupadas as Zonas com Restrições de Ocupação são apresentadas nos mapas de zoneamento do Cenário 1.** 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.

Cabe ressaltar que tal simulação não indica ou autoriza a realização dos aterros, sendo apenas um artifício usado para se verificar o pior cenário para estabelecimento da Zona de Passagem de Cheias e para a verificação de possíveis impactos nas regiões vizinhas levando em consideração todos os aterros simulados.

- **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.

Nesta área, delimitada por cheias de baixa frequência, poderão ser dispensadas medidas individuais de proteção para as habitações.

Destaca-se, porém, que a necessidade de 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 poderão ser incluídas em um plano de contingência.

- **Ocupações existentes nas áreas de inundação**

Quanto às construções já existentes nas áreas de inundação, 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 deverá se verificar a viabilidade de protegê-los ou removê-los para áreas seguras, em médio prazo.

As sub habitações, 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** poderá se incentivar as medidas de proteção às **construções** e, se for o caso, de toda a área, a expensas dos beneficiados.

O anexo 5.6 apresenta o zoneamento detalhado da bacia do Rio Gravataí consolidado conforme intervenções escolhidas.

Serão disponibilizados os resultados do zoneamento em formato editável *shapefile* (.shp) em banco de dados *geodatabase* (.gdb). Os resultados do impacto das soluções quanto ao possível incremento de área inundada e aumento das lâminas d'água com as intervenções propostas também são apresentados no anexo 5.5.

3.5.2 Intervenções Estruturais

✓ Elevação de Dique de Proteção existente em Porto Alegre – Vila Dique

- Localização e caracterização do problema

O sistema de proteção existente localiza-se na zona norte do município de Porto Alegre a leste do Aeroporto no sistema de proteção existente, 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 2 apresenta a localização da estrutura.

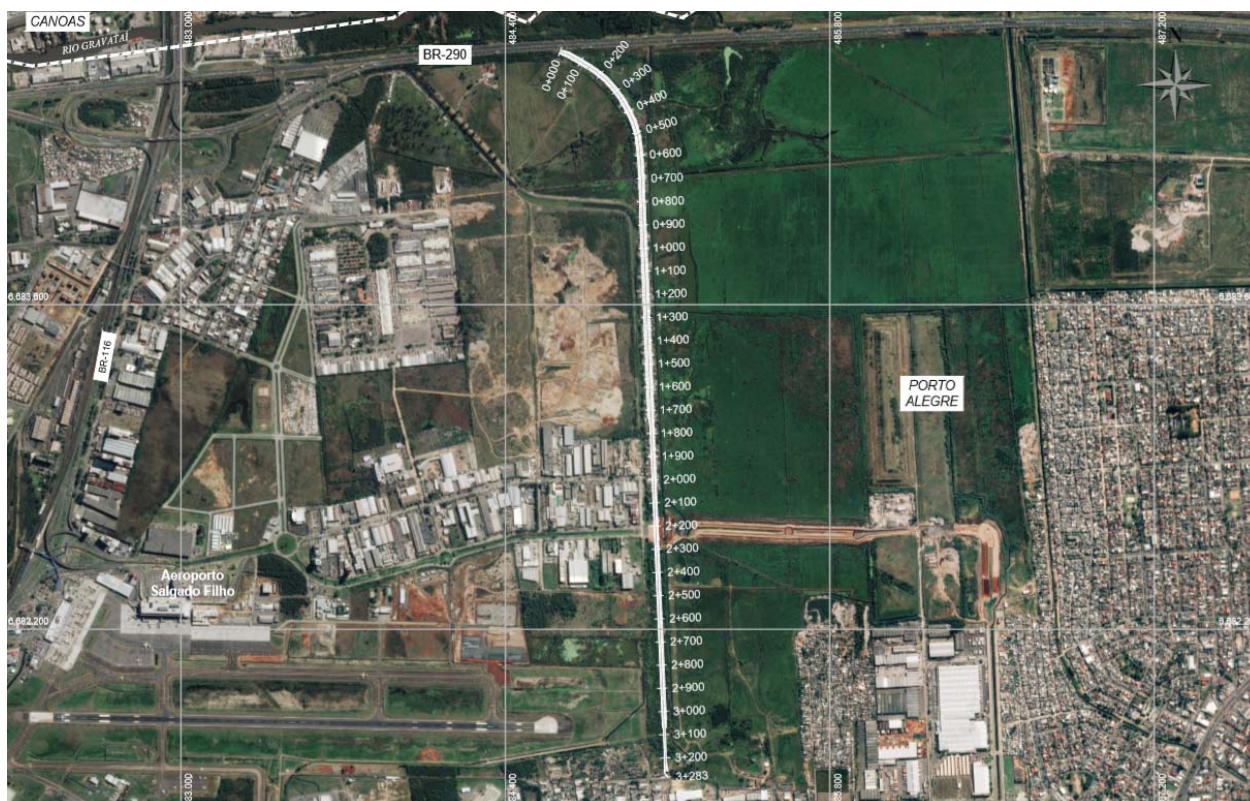


Figura 2 - Dique proposto ao Norte de Porto Alegre – Vila Dique.

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

- **Análise hidráulica da alternativa de intervenção**

A solução proposta consiste na elevação do dique existente protegendo o lado oeste onde se localiza o Aeroporto, regiões industriais e de expansão até a cota 6,3 m. 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.

- **Análise geotécnica e seção-tipo das obras propostas**

A concepção das obras tem como objetivo a diminuição da exposição ao risco de eventos de cheias do Rio Gravataí, o que é alcançado elevando-se o dique até a cota 6,3 m.

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. A seção-tipo de referência das obras encontra-se na Figura 3.

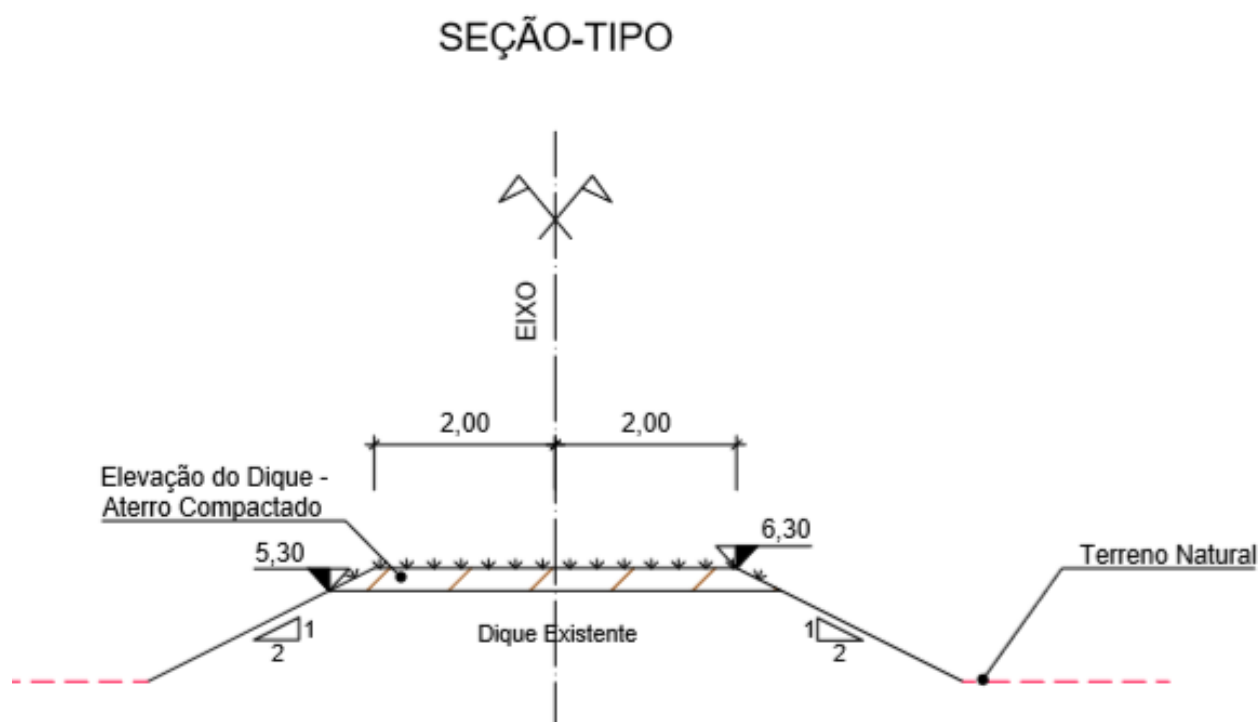


Figura 3 - Seção-tipo da elevação dique proposto ao Norte de Porto Alegre – Vila Dique.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

- **Métodos construtivos e quantitativos**

São a seguir apresentados os métodos construtivos das obras de terra do dique, cujos quantitativos encontram-se no Quadro 14. O esquema gráfico dos volumes é apresentado na Figura 4.

- o **Construção dos diques de vedação**

Após a limpeza do terreno, o dique de proteção de cheias será elevado até a cota 6,3 m 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.

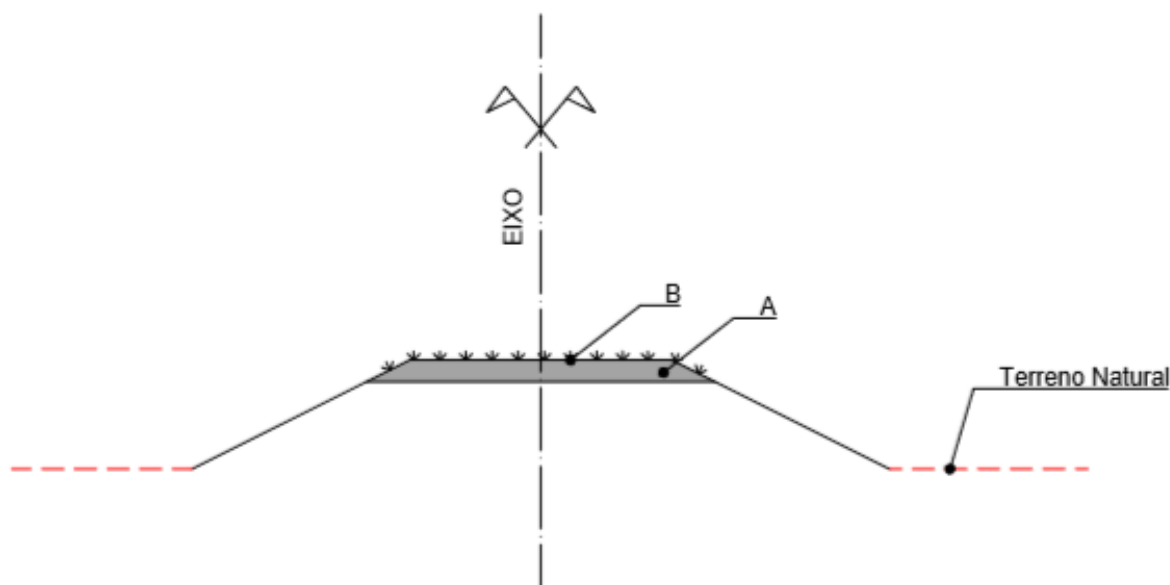
Seleção das sementes de acordo com projeto executivo. Incorporação de adesivo hidro asfalto e “mulch”, constituído de serragem de madeira e palha de arroz.

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.

ESQUEMA GRÁFICO



LEGENDA

VOLUMES E ÁREAS 3D:

A = ATERRO COMPACTADO (DIQUE).....	76473,30 m³
B = ENLEIVAMENTO.....	75843,57m²

*Figura 4 - Volumes da elevação do dique proposto ao Norte de Porto Alegre – Vila Dique.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí*

Quadro 14 - Quantitativos das obras do dique proposto ao Norte de Porto Alegre – Vila Dique.

Item	Descrição	Quant.	Unidade
1	Material importado de jazida	76.473,30	m³
2	Enleivamento / Hidrossemeadura	75.843,57	m²

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

As peças gráficas do projeto de concepção das obras são apresentadas no anexo 5.8.2.

✓ Dique de Proteção Porto Alegre - Sarandi Oeste

• 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 5 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.



Figura 5 - Dique proposto no Bairro Sarandi – Oeste em Porto Alegre e sistema de bombeamento

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

- **Análise hidráulica da alternativa de intervenção**

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 $([4+1R] * 161 \text{ CV})$.

- **Análise geotécnica e seção-tipo das obras propostas**

A concepção das obras tem como objetivo a diminuição da exposição ao risco de eventos de cheias do Rio Gravataí, o que é alcançado elevando-se o dique até a cota 6,30 m. 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 6.

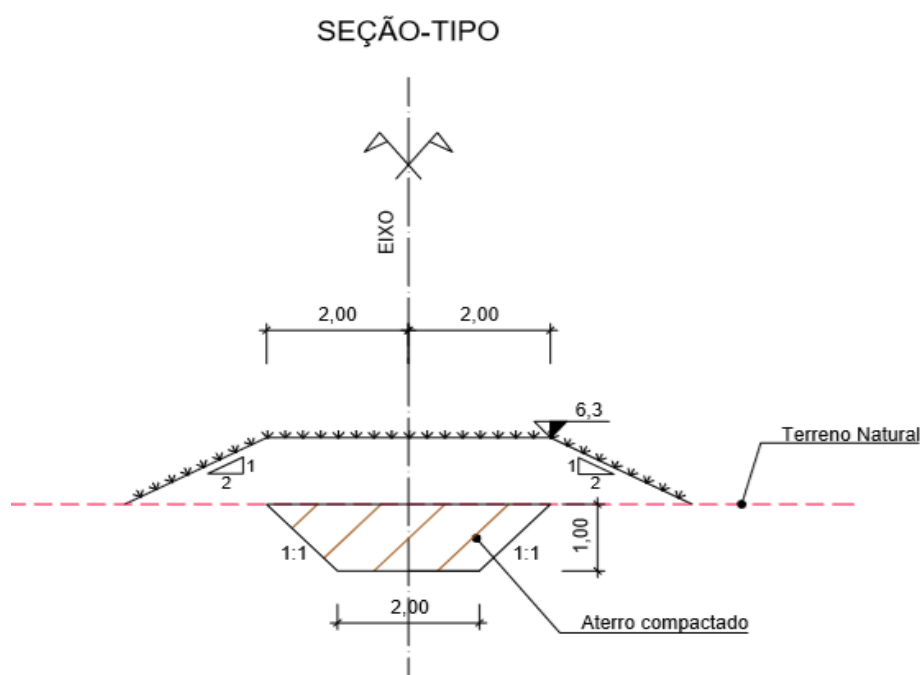


Figura 6 - Seção-tipo do dique proposto no Bairro Sarandi - Oeste em Porto Alegre
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

- **Métodos construtivos e quantitativos**

A seguir são apresentados os métodos construtivos das obras de terra do dique.

- o **Construção das trincheiras centrais de vedação (cut-off)**

O dique novo terá uma trincheira central de vedação 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.

o **Construção dos diques de vedação**

Após a limpeza do terreno, o dique de proteção de cheias será elevado até a cota 6,3 m 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.

Os quantitativos encontram-se no Quadro 15, a seguir:

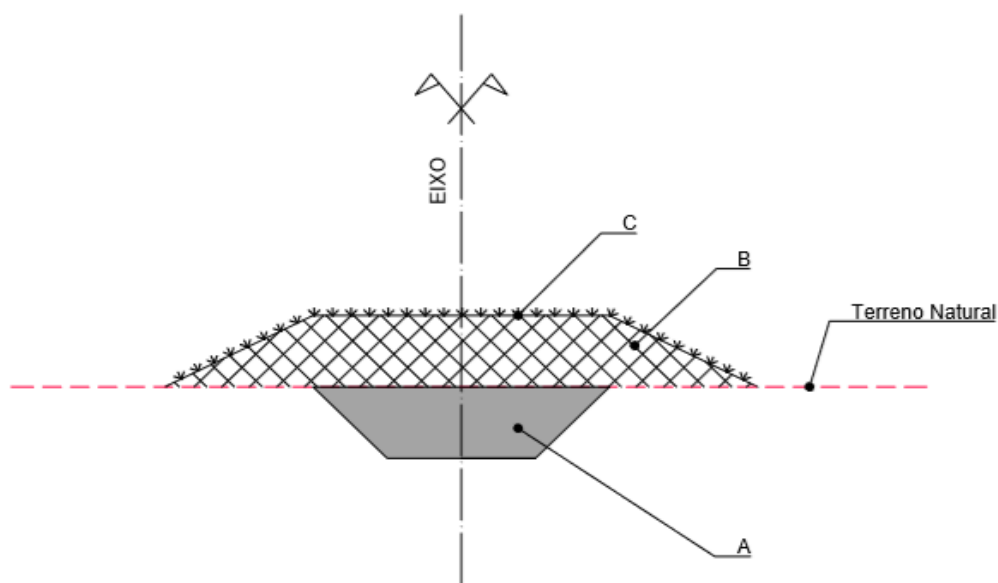
Quadro 15 - Quantitativos das obras do dique no Bairro Sarandi - Oeste em Porto Alegre

Item	Descrição	Quant.	Unidade
1	Material importado de jazida	325.500	m ³
2	Cut-off	15.400	m ³
3	Enleivamento / Hidrossemeadura	118.000	m ²
4	Casa de Bombas EB 4+1R (161 CV)	5 x 161	CV

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

O esquema gráfico dos volumes é apresentado na Figura 7.

ESQUEMA GRÁFICO



LEGENDA

VOLUMES:

A = ATERRO COMPACTADO (TRINCHEIRA DE VEDAÇÃO).....	15398,00 m³
B = ATERRO COMPACTADO (DIQUE).....	325486,52 m³

ÁREA 3D:

C = ENLEIVAMENTO.....	118011,09 m²
-----------------------	--------------

Figura 7 - Esquema gráfico dos volumes do dique no Bairro Sarandi - Oeste em Porto Alegre
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

As peças gráficas do projeto de concepção das obras são apresentadas no anexo 5.8.3.

✓ Dique de Proteção Porto Alegre - Sarandi Leste

• 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 8 apresenta a localização das estruturas.

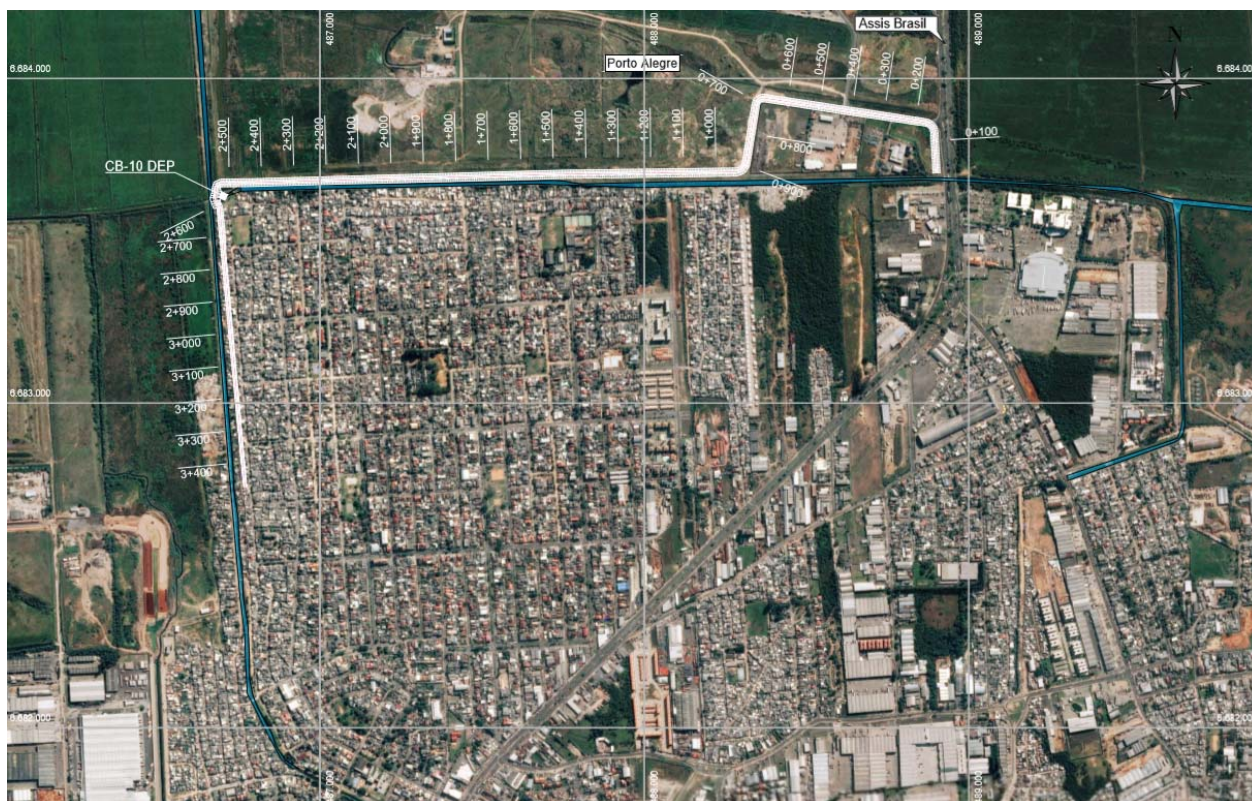


Figura 8 - Dique proposto no Bairro Sarandi em Porto Alegre e sistema de bombeamento.

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

- **Análise hidráulica da alternativa de intervenção**

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 ampliação conforme projeto e orçamento pelo DEP de Porto Alegre. Ela irá possuir quatro bombas, duas de 250 CV e duas de 300 CV.

- **Análise geotécnica e seção-tipo das obras propostas**

A concepção das obras tem como objetivo a diminuição da exposição ao risco de eventos de cheias do Rio Gravataí, o que é alcançado elevando-se o dique até a cota 6,50 m.

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 9.

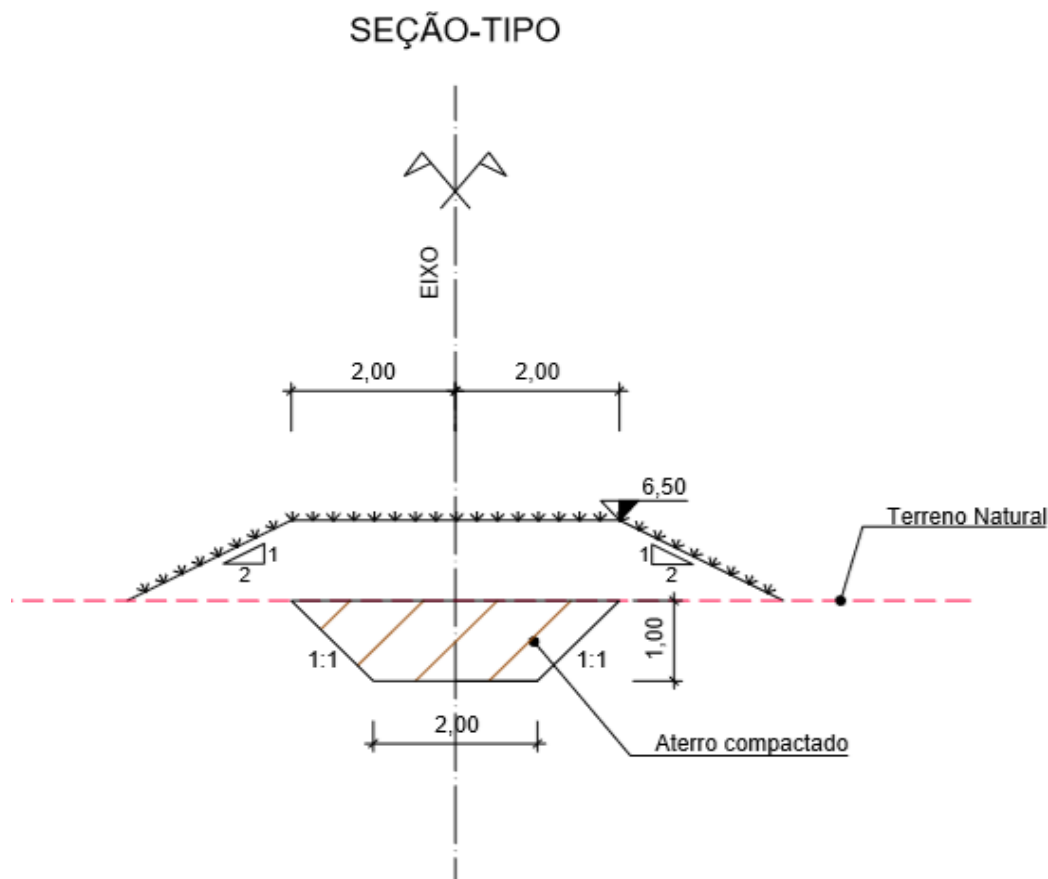


Figura 9 - Seção-tipo do dique proposto no Bairro Sarandi em Porto Alegre
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

• Métodos construtivos e quantitativos

São a seguir 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 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.

o **Construção dos diques de vedação**

Após a limpeza do terreno, o dique de proteção de cheias será elevado até a cota 6,5 m 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.

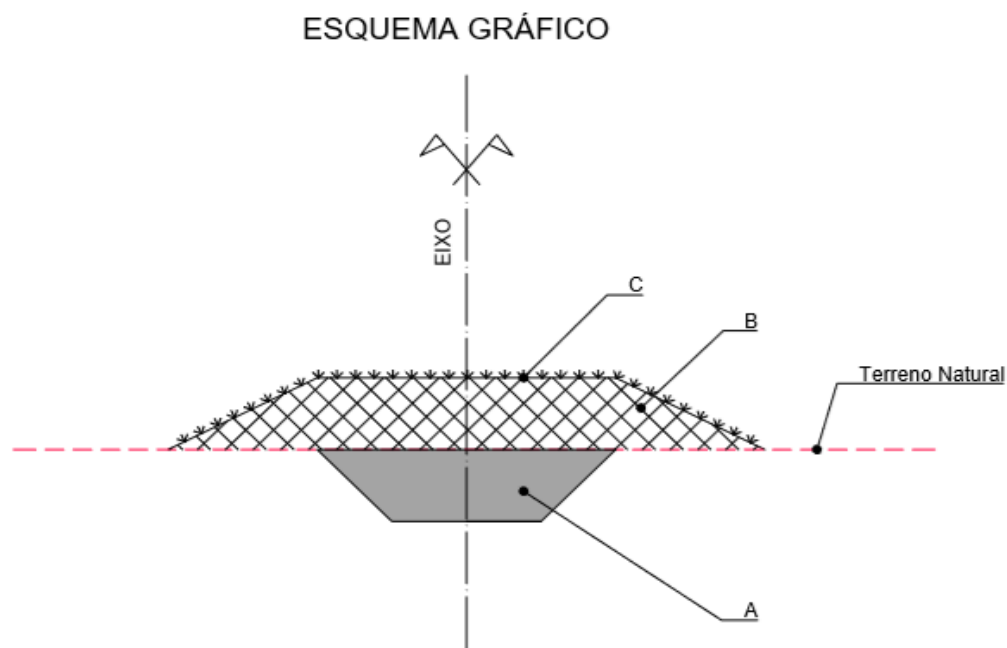
o **Hidrossemeadura**

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.

O esquema gráfico dos volumes é apresentado na Figura 10.



LEGENDA

VOLUMES:

A = ATERRO COMPACTADO (TRINCHEIRA DE VEDAÇÃO).....	10400,00 m³
B = ATERRO COMPACTADO (DIQUE).....	194200,00 m³

ÁREA 3D:

C = ENLEIVAMENTO.....	81559,59 m²
-----------------------	-------------

Figura 10 - Esquema gráfico dos volumes do dique no Bairro Sarandi em Porto Alegre
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Os quantitativos encontram-se no Quadro 16, a seguir.

Quadro 16 - Quantitativos das obras do dique no Bairro Sarandi em Porto Alegre

Item	Descrição	Quant.	Unidade
1	Material importado de jazida	194.200	m³
2	Cut-off	10.400	m³
3	Enleivamento / Hidrossemeadura	81.560	m²
4	Casa de Bombas EB 2+2R (2 x 300 e 2 x 250 CV)	2 x 250 / 2 x 300	CV

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

As peças gráficas do projeto de concepção das obras são apresentadas no anexo 5.8.4.

✓ Dique de Proteção Cachoeirinha

• 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 11 apresenta a localização das estruturas.

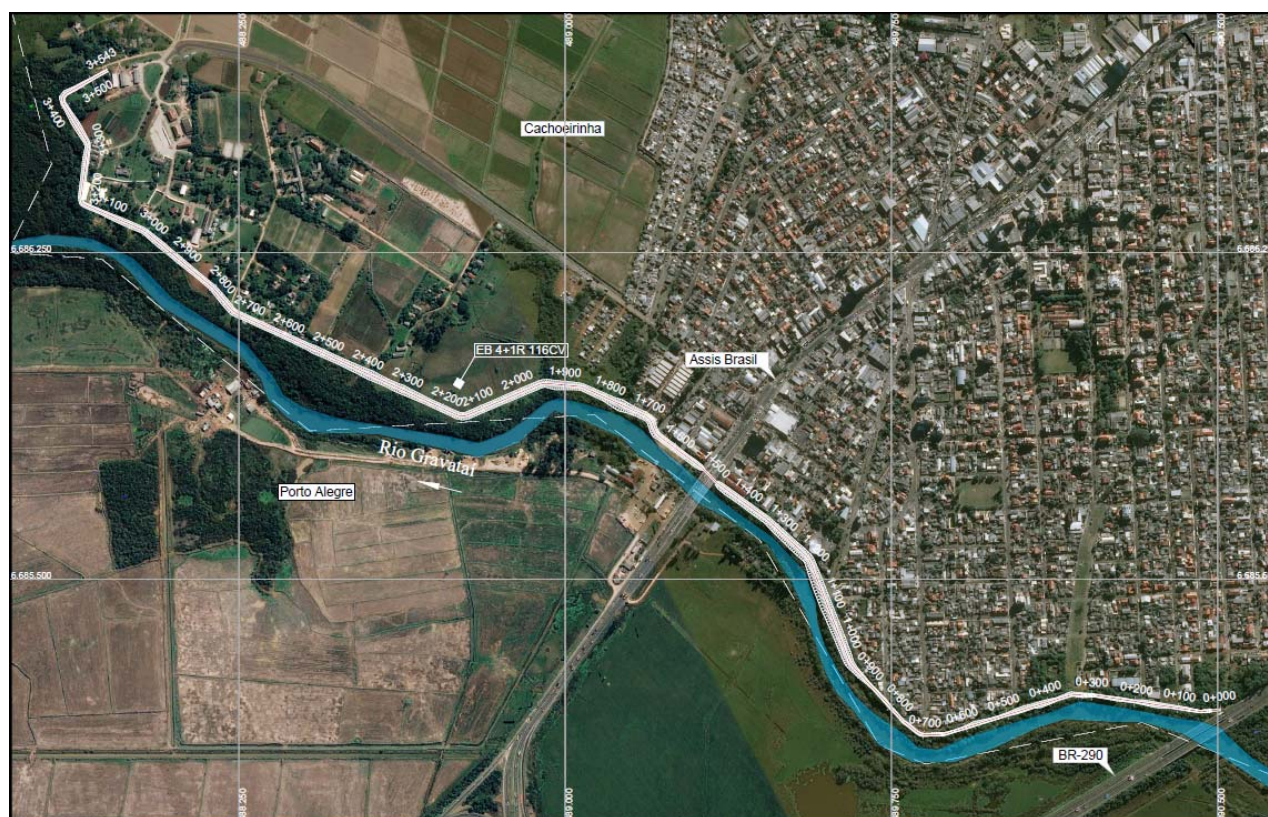


Figura 11 - Dique proposto em Cachoeirinha e sistema de bombeamento.

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

• Análise hidráulica da alternativa de intervenção

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 dique novo 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.

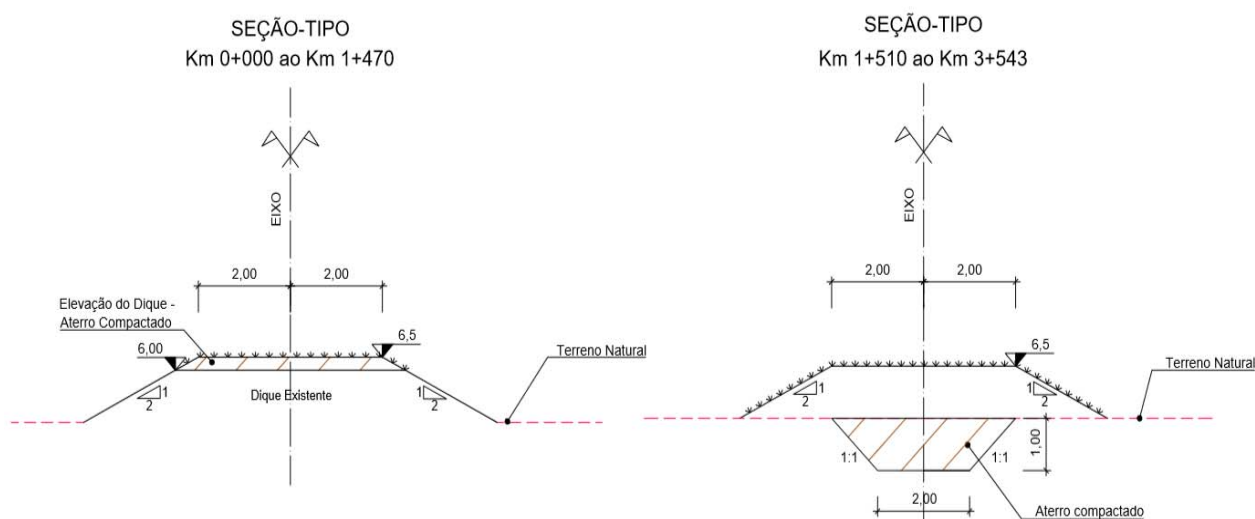
A Estação de Bombeamento deverá possuir quatro bombas de 116 CV mais uma reserva ([4+1R] * 116 CV).

- **Análise geotécnica e seção-tipo das obras propostas**

A concepção das obras tem como objetivo a diminuição da exposição ao risco de eventos de cheias do Rio Gravataí, o que é alcançado elevando-se os diques até a cota 6,50 m. 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 12.



*Figura 12 - Seção-tipo dique de proteção em Cachoeirinha
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí*

- **Métodos construtivos e quantitativos**

São a seguir 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 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.

o **Construção dos diques de vedação**

Após a limpeza do terreno, os diques de proteção de cheias serão elevado até a cota 6,5 m 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, os diques em solo compactado não terão 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.

O esquema gráfico dos volumes é apresentado na Figura 13.

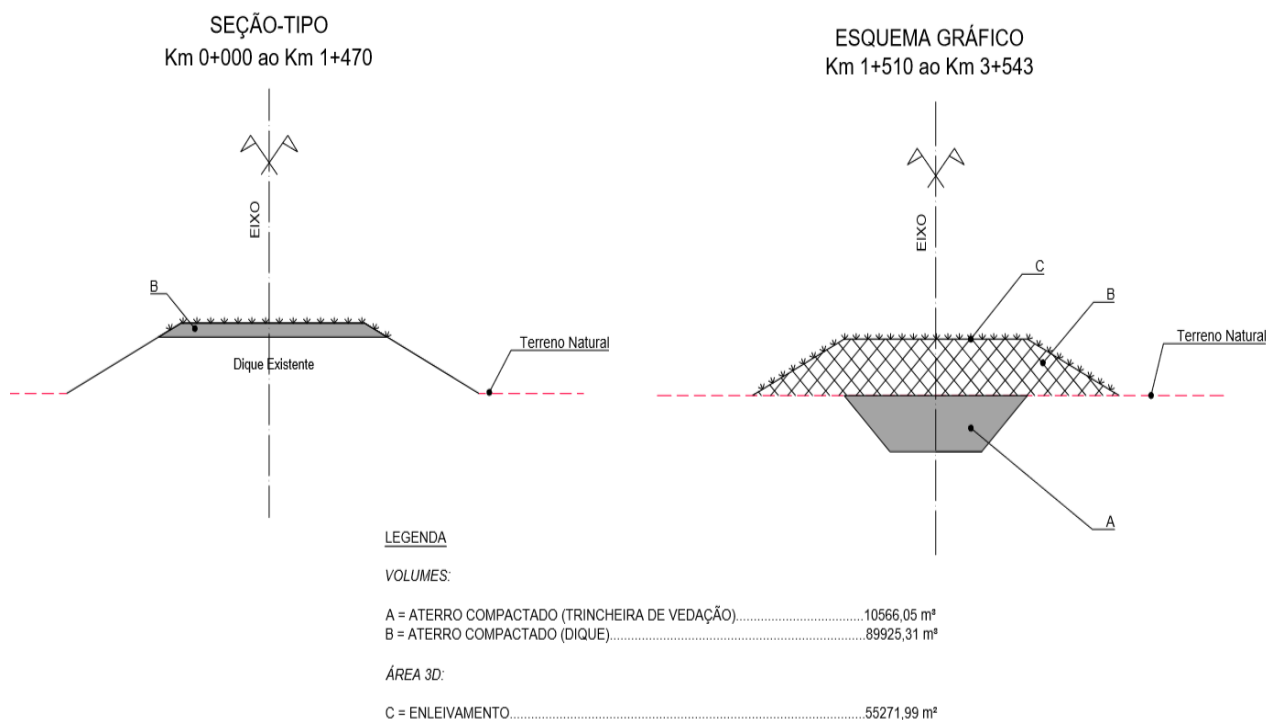


Figura 13 - Esquema gráfico dos volumes do dique de proteção em Cachoeirinha
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Os quantitativos encontram-se no Quadro 17.

Quadro 17 - Quantitativos das obras do dique de proteção em Cachoeirinha

Item	Descrição	Quant.	Unidade
1	Material importado de jazida	89.925	m ³
2	Cut-off	10.566	m ³
3	Enleivamento / Hidrossemeadura	55.272	m ²
4	Casa de Bombas EB 4+1R (116 CV)	5 x 116	CV

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

As peças gráficas do projeto de concepção das obras são apresentadas no anexo 5.8.5.

✓ Dique de Proteção Gravataí - Bairro Caça e Pesca

• 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 14 apresenta a localização das estruturas.



- **Análise hidráulica da alternativa de intervenção**

A solução proposta consiste na elevação de um novo dique na cota 7,1 m no Bairro Caça e Pesca de Gravataí, exposto aos eventos de cheias. 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 ($[2+1R] \times 88 \text{ CV}$).

- **Análise geotécnica e seção-tipo das obras propostas**

A concepção das obras tem como objetivo a diminuição da exposição ao risco de eventos de cheias do Rio Gravataí, o que é alcançado elevando-se o dique até a cota 7,1 m. 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 15.

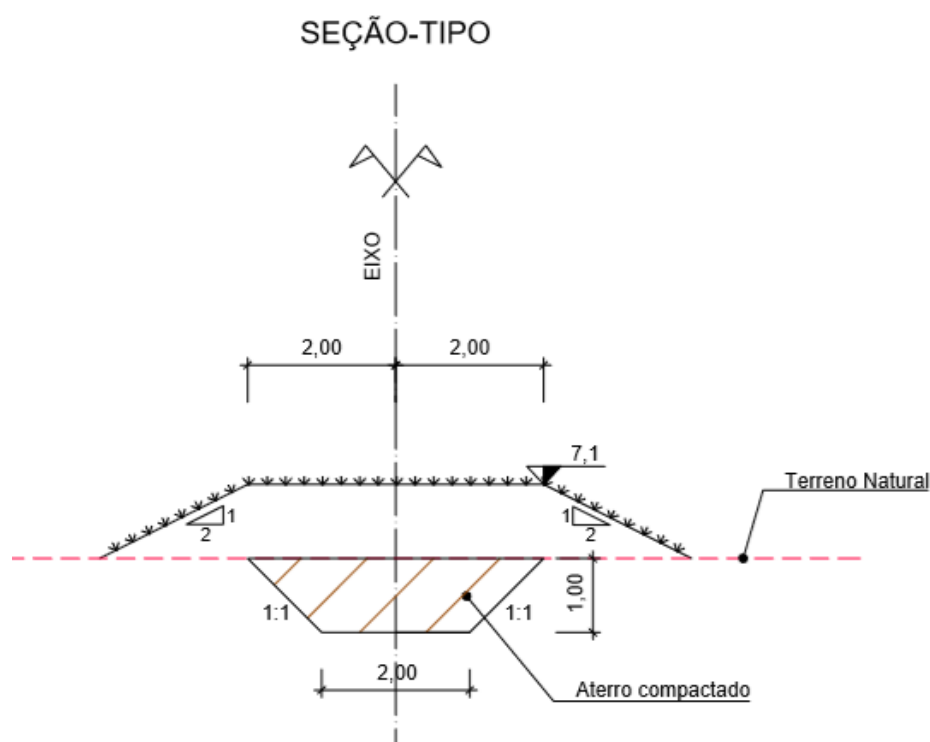


Figura 15 - Seção-tipo do dique no Bairro Caça e Pesca em Gravataí
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

- **Métodos construtivos e quantitativos**

São a seguir apresentados os métodos construtivos das obras de terra do dique.

- o **Construção das trincheiras centrais de vedação (cut-off)**

O dique novo terá uma trincheira central de vedação 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.

o **Construção dos diques de vedação**

Após a limpeza do terreno, o dique de proteção de cheias será elevado até a cota 7,1 m 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**

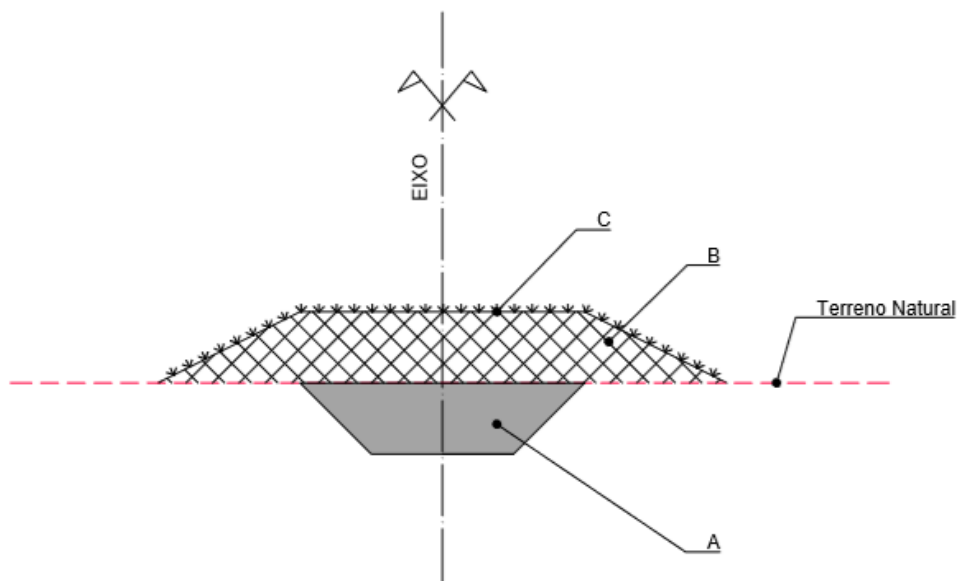
Realização da regularização da superfície, incorporação de fertilizantes e corretivos (calcário dolomítico) lançado em toda a área do talude. Preparo da solução no caminhão pipa espargidor. Seleção das sementes de acordo com projeto executivo. Incorporação de adesivo hidro asfalto e “mulch”, constituído 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.

O esquema gráfico dos volumes é apresentado na Figura 16.

ESQUEMA GRÁFICO



LEGENDA

VOLUMES:

A = ATERRO COMPACTADO (TRINCHEIRA DE VEDAÇÃO).....9780,88 m³
B = ATERRO COMPACTADO (DIQUE).....71213,89 m³

ÁREA 3D:

C = ENLEIVAMENTO.....46496,38 m²

Figura 16 - Esquema gráfico dos volumes do dique no Bairro Caça e Pesca em Gravataí
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Os quantitativos encontram-se no Quadro 18.

Quadro 18 - Quantitativos das obras do dique no Bairro Caça e Pesca em Gravataí

Item	Descrição	Quant.	Unidade
1	Material importado de jazida	71.215	m ³
2	Cut-off	9.780	m ³
3	Enleivamento / Hidrossemeadura	46.500	m ²
4	Casa de Bombas EB 2+1R (88 CV)	3 x 88	CV

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

As peças gráficas do projeto de concepção das obras são apresentadas no anexo 5.8.6.

✓ Obras no Banhado Grande - Recuperação de Áreas Degradadas

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 22).

O relevo é plano a levemente ondulado, predominantemente abaixo da altitude 10 m, sendo os talwegues preenchidos por depósitos paludais entrecortados por meandros fluviais.

O perfil longitudinal do Canal do DNOS, o qual atravessa as zonas paludais e intercepta meandros fluviais ativos e inativos, reflete a variação longitudinal de cotas desta área (Figura 17).

O canal, o qual interligou artificialmente uma área úmida elevada (cota 9,00 m) com outra mais baixa (cota 3,00 m), apresenta variações de cotas e declividades de fundo, como a seguir indicado:

- o **Trecho inicial** (est. 0+000 m a 7+000 m) com cotas de fundo entre 1,50 m e 8,50m e declividades de fundo 0,5 m/ 1.000 m até 3,0 m/ 1000 m.
- o **Trecho final** (est.7+000m a 26+000) praticamente plano, com cotas de fundo entre 0,00m e 1,50m e baixas declividades de fundo.

A construção do Canal do DNOS alterou a dinâmica natural dos meandros fluviais.

A cota de fundo dos antigos meandros, no trecho correspondente às estacas 0+000 m e 16+000 m (Figura 18), encontra-se sistematicamente acima do fundo do canal.

Na data da avaliação, estes meandros encontravam-se secos, enquanto, entre as estacas 16+000 m e 24+000 m, os meandros estavam de parcial a totalmente inundados.

A partir da estaca 24+000 m, já com influência do rio Gravataí, passa a haver coincidência das cotas de fundo entre os meandros e o canal.

Na Figura 17 verifica-se os dois trechos com declividades distintas, sendo o trecho inicial com declividades entre 0,5 m:1000 m e 3,0 m:1000 m (estacas 0+000 m a 7+000 m), enquanto o trecho final (estacas 7+000 m a 26+000 m) é praticamente plano.

Além disto, verifica-se a ocorrência de uma zona inundada (estacas 19+000 m a 24+000 m), sendo que a partir da estaca 26+000 m, inicia o rio Gravataí.

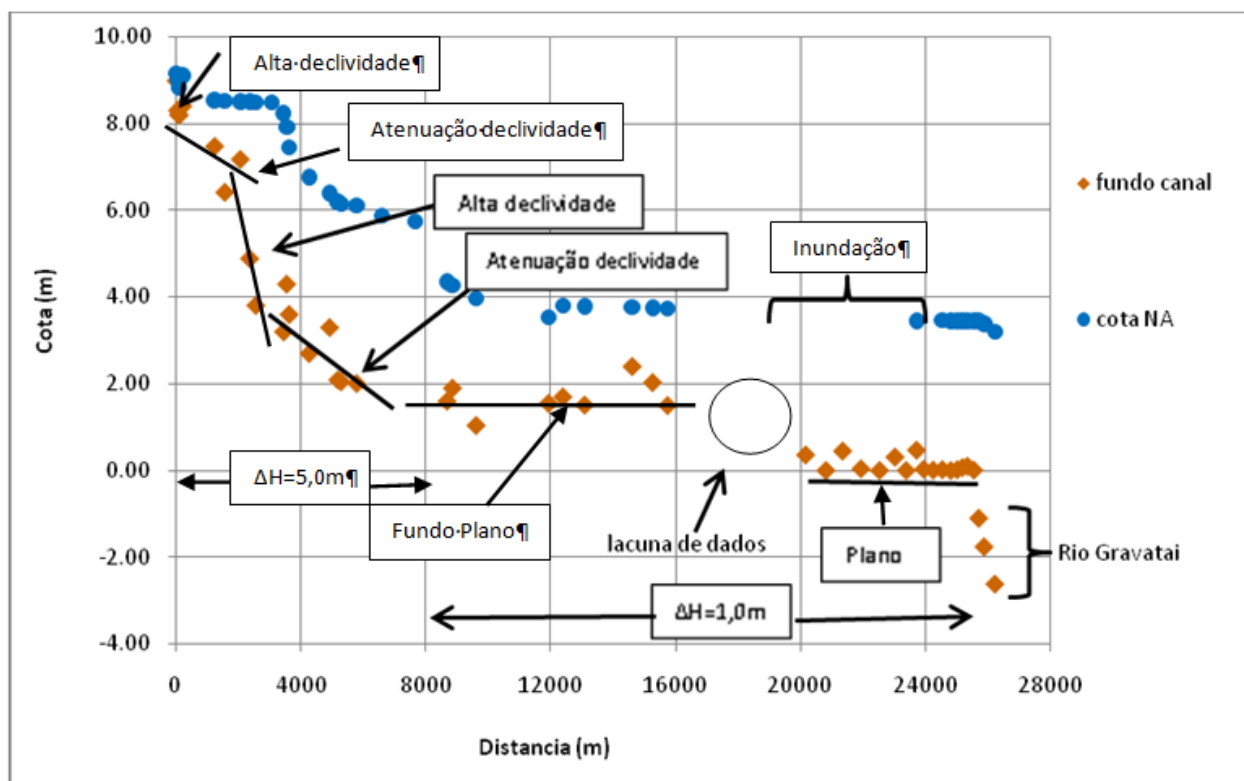


Figura 17 - Perfil longitudinal do fundo do Canal do DNOS.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Na Figura 18 verifica-se que a maior parte dos meandros se encontra acima da cota de fundo do canal do DNOS, por vezes até mais de 4,0 m.

Na data da avaliação, a qual não corresponde ao período sazonal de estiagem, vários meandros encontravam-se secos (estacas 0+000 m a 16+000 m).

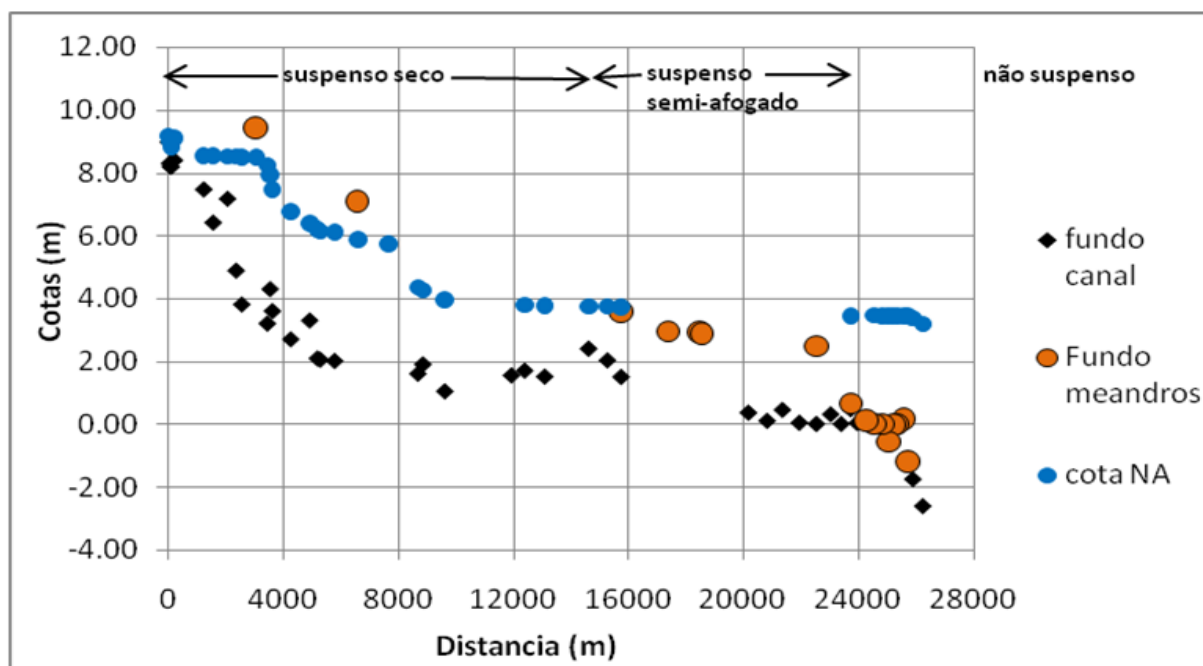


Figura 18 - Perfil comparativo das cotas de fundo dos meandros e do canal.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

- **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 a seguir sucintamente caracterizados.

- o **Depósitos Aluviais holocênicos**

São constituídos por sedimentos inconsolidados e mal selecionados, como cascalhos, areias grossas a finas e sedimentos silto-argilosos. Estes depósitos, os quais preenchem as calhas dos rios e suas planícies de inundação (Roisenberg et al., 2007), podem apresentar elevada permeabilidade e baixa resistência a erosão, sendo suscetíveis ao *piping*.

- o **Depósito de Planície Lagunar ou lacustre-paludais holocênicos e pleistocênicos**

São depósitos constituídos por uma sequência sedimentar mista compreendendo areias finas a médias imaturas e mal classificadas, cor normalmente amarelo-acastanhada, sedimentos silto-argilosos e intercalações de argilas plásticas.

Nos ambientes paludais (pântanos) predominam condições anaeróbicas. O seu estado inconsolidado e a composição predominantemente silto-arenosa destes sedimentos confere-lhes baixa resistência à erosão, sendo suscetíveis ao *piping*.

Estima-se que na área estes sedimentos não ultrapassem uma espessura máxima de dez a quinze metros, estando assentes sobre rochas sedimentares como arenitos e siltitos.

- **Hidrogeologia**

O Sistema Aquífero Quaternário - SAQ, o qual se comporta como aquífero livre e granular localiza-se na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, na qual se situa o Sistema do Banhado Grande.

Este aquífero, constituído pelas camadas sedimentares arenosas inconsolidadas holocênicas e pleistocênicas, acompanha a rede de drenagem, como é o caso do próprio rio Gravataí e seus afluentes.

Devido a sua proximidade à superfície, este sistema é vulnerável à contaminação, principalmente devido ao uso extensivo de agrotóxicos e fertilizantes, como os utilizados no cultivo de arroz. Em decorrência disto, a vulnerabilidade deste aquífero é alta e sua qualidade de água subterrânea é ruim.

As reservas hídricas subterrâneas, devido a pouca espessura do aquífero, variam significativamente com a sazonalidade da precipitação, de forma que, nos períodos de estiagem, o aquífero deveria fornecer água para o ecossistema aquático superficial.

Em contrapartida, o efeito de drenagem permanente exercido pela rede de canais instalados, como o Canal do DNOS, reduziu a contribuição do meio subterrâneo para a rede hídrica superficial, fazendo com que parte significativa da rede de drenagem permaneça seca nos períodos de estiagem.

O rebaixamento dos níveis d'água subterrâneos, o qual foi promovido pelo canal do DNOS, pode ser estimado entre 2,0 m a 5,0 m no trecho entre as estacas 0+000 m e 10+000 m (Figura 19).

Além de afetar o comportamento dos aquíferos, através do aumento das taxas de descarga e da depleção permanente dos níveis de água subterrânea, a rede de canais construídos favorece a captação e o escoamento das águas superficiais, modificando de certa forma o comportamento hidrológico superficial da bacia hidrográfica.

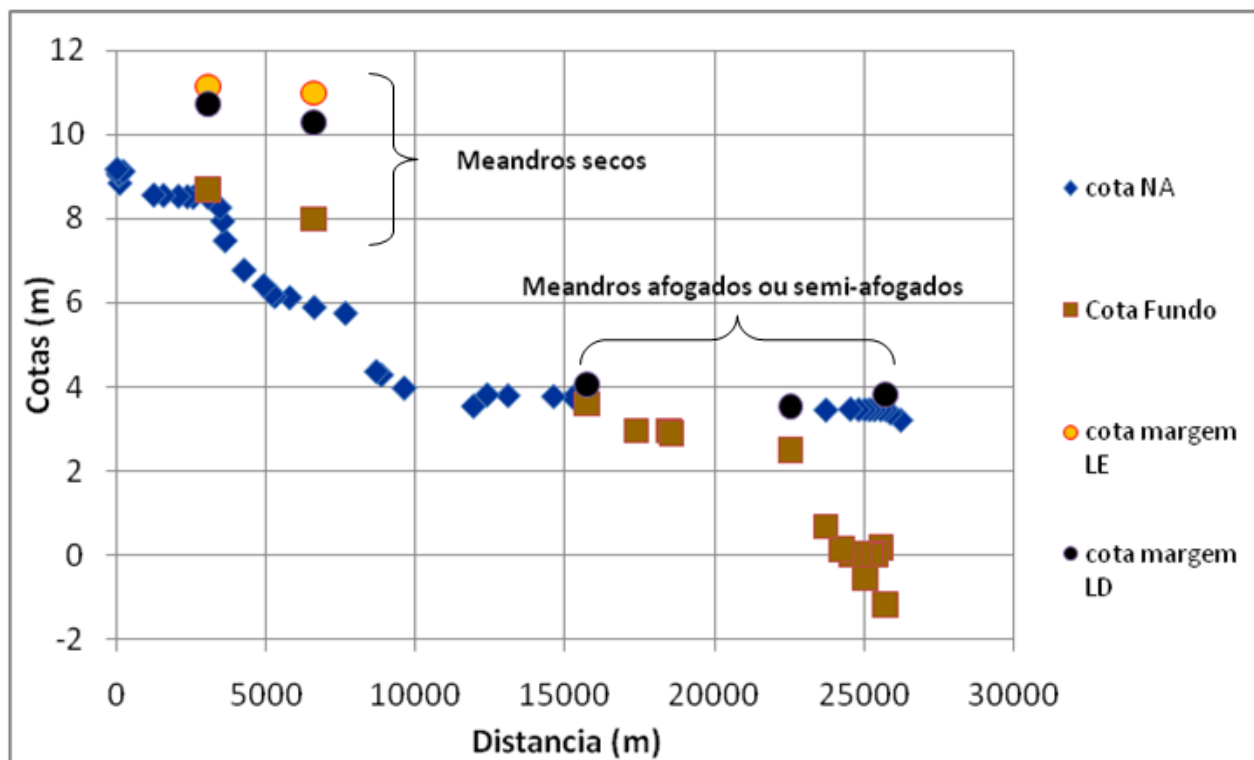


Figura 19 - Perfil atual da linha d'água no canal do DNOS e amplitude de cotas (fundo e margem)
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

• Conceção

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 anteriormente citados, 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 minibarramentos 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:

- o Os sedimentos depositam-se no final dos trechos de maior declividade (3,0 m/1000 m), sempre que o fundo do canal torna-se plano ou pouco declivoso.
- o Nas zonas de assoreamento, os sedimentos depositados no fundo do canal (carga móvel) atingem espessuras superiores a 2,0 m.
- o 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.

Estes efeitos são observáveis na Figura 20, a qual permite uma avaliação preliminar do volume de sedimentos depositados no fundo do canal.

Estimando-se uma espessura média de 1,50 m de sedimentos de fundo, bem como uma largura de 30 m para o canal no trecho entre as estacas 5+000 m e 16+000 m (vide seções transversais), chega-se a um volume de 495.000 m³ de sedimentos de fundo.

Resultados quantitativos anteriores, os quais foram obtidos por Etchelar (2014) para apenas uma voçoroca na margem direita do canal em torno da estaca 3+000 m, indicam que a área erosiva desta voçoroca aumentou, entre 2003 e 2012, de 1.409 para 8.814 hectares.

Isto significa que, para cada centímetro de remoção erosiva do perfil do terreno na área de expansão da voçoroca, a produção de sedimentos para o canal é superior a 750.000 m³.

Estes dados bibliográficos, assim como a inspeção de campo e o exame do perfil do canal do DNOS, apontam no sentido de uma erosão linear acelerada a montante e um grande aporte de sedimentos ao canal.

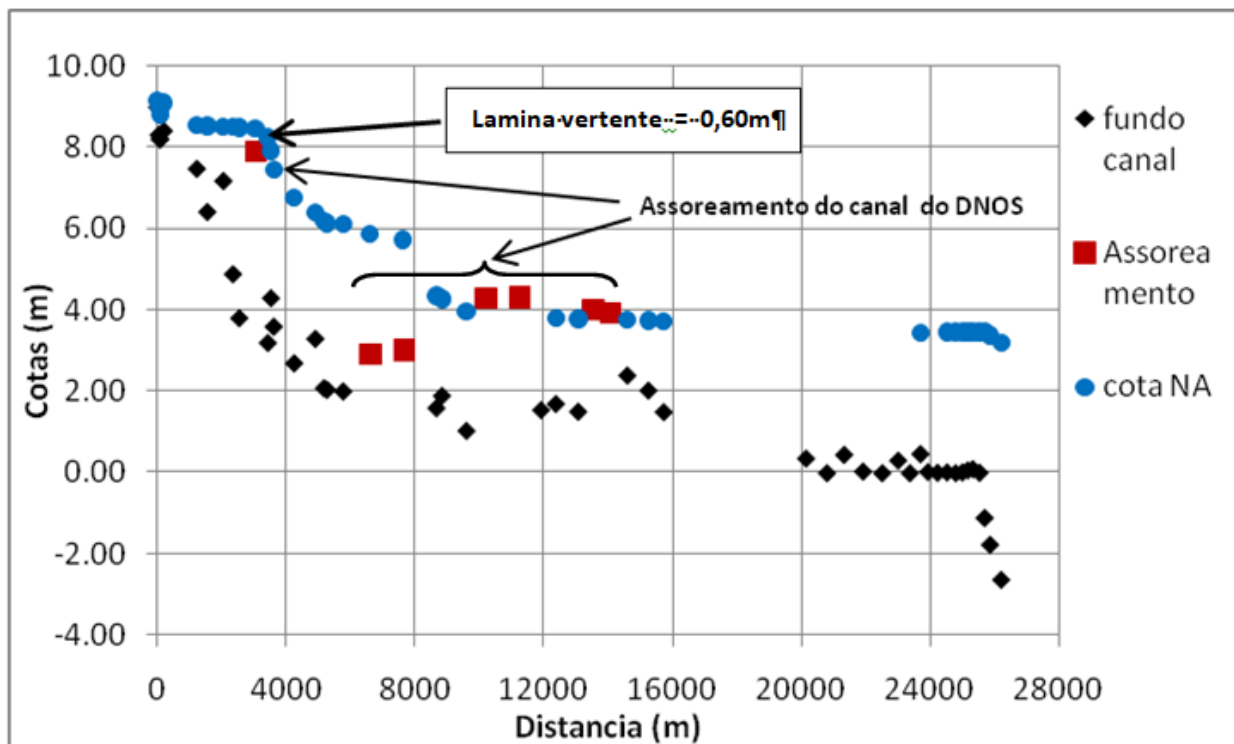


Figura 20 - Perfil longitudinal do Canal do DNOS
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Em vista dos processos hídricos e ambientais identificados, as intervenções estruturais foram concebidas para atender os seguintes critérios:

- o Reativação dos antigos meandros naturais e restauração do ecossistema aquático.
- o Restauração das reservas hídricas subterrâneas.
- o Minimização dos efeitos antrópicos nos fluxos d'água superficial e subterrânea.
- o 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 gabião 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:

- o Profundidade hidráulica mínima para locomoção de fauna: 30 cm
- o Velocidade máxima para travessia (velocidade de explosão): 2,50 m/s
- o Distância máxima para travessia individual (20 s) = 50 m
- o Dissipação de energia e turbulência mínima = Ressalto Ondulado (Froude $\leq 1,7$)

• Critérios Hidráulicos/

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 minibarramentos possuam um descarregador.

- o Descarregador: Tubo de Concreto DN300 (x1), altura da entrada elevada em 500 mm.
- o Vazão mínima para passagem de fauna: 500 l/s (menor que $Q_{99\%}$ para qualquer trecho).

A Figura 21 apresenta o comportamento dos barramentos para as diferentes condições hidráulicas.

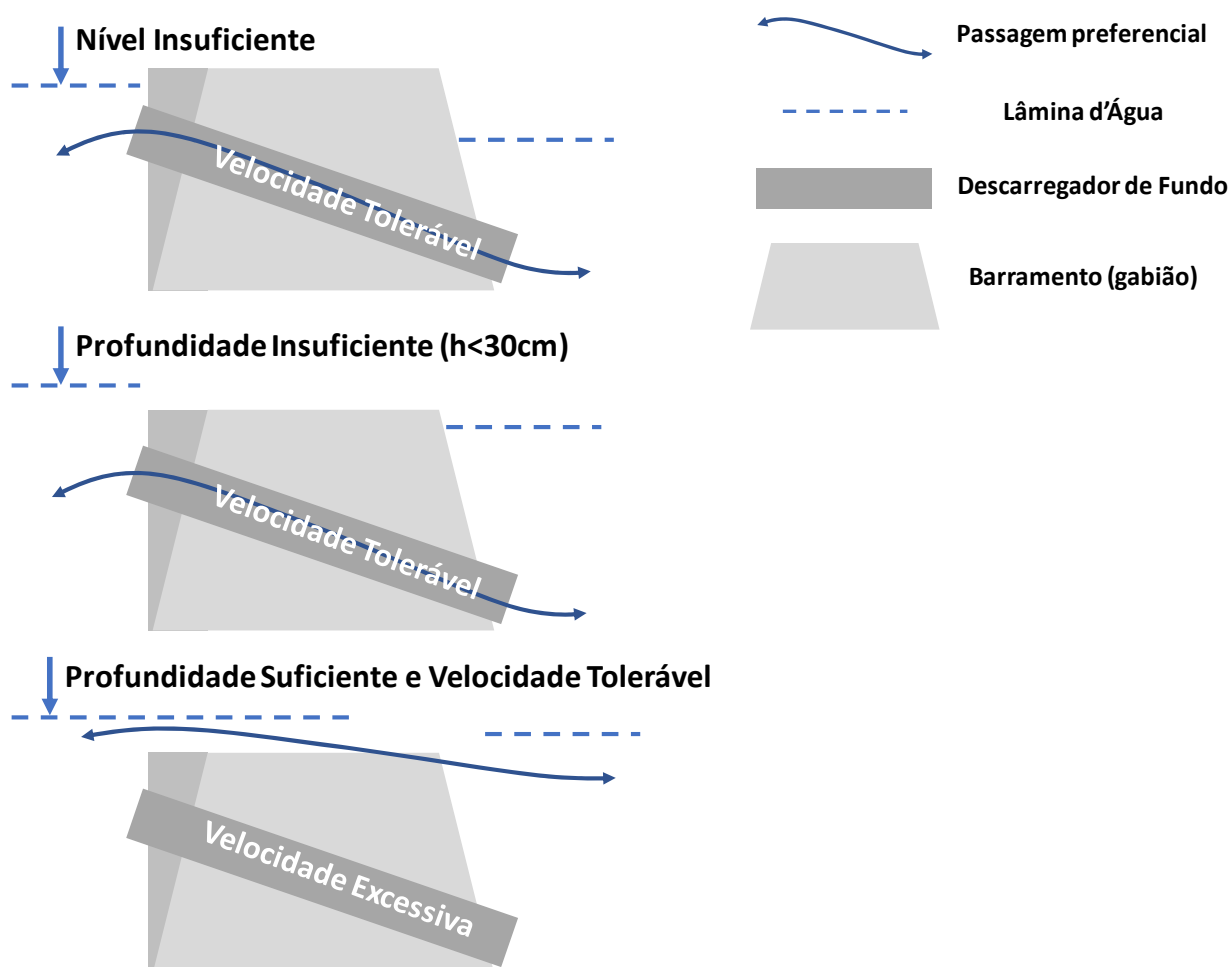
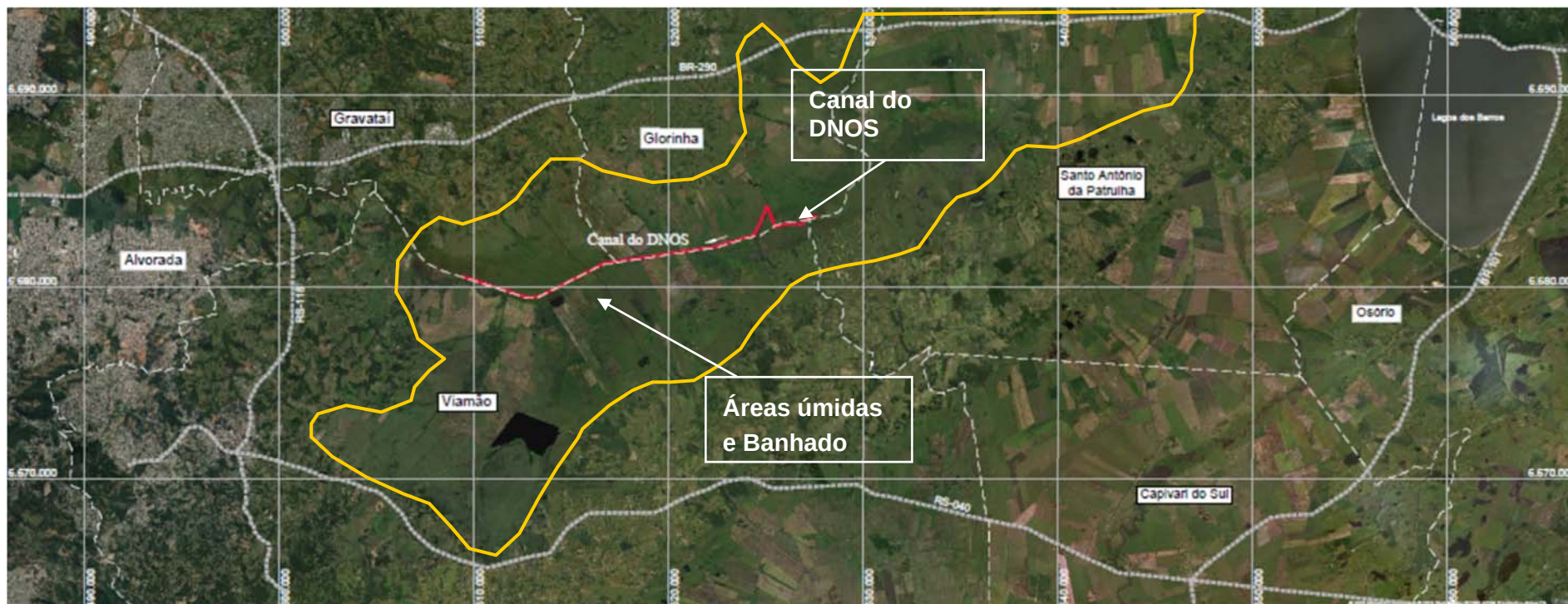


Figura 21 - Diferentes condições hidráulicas para passagem de fauna.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí



*Figura 22 - Localização do Canal do DNOS (em vermelho)
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí*

• **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 19 e na Figura 23.

Quadro 19 - 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

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 23 - Localização dos pequenos barramentos galgáveis ao longo do Canal do DNOS
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 seções-tipo e a planta baixa dos barramentos são apresentadas na Figura 24, Figura 25 e Figura 26.

As alturas dos barramentos em relação ao fundo atual do canal são apresentadas no Quadro 20.

Quadro 20 - 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			

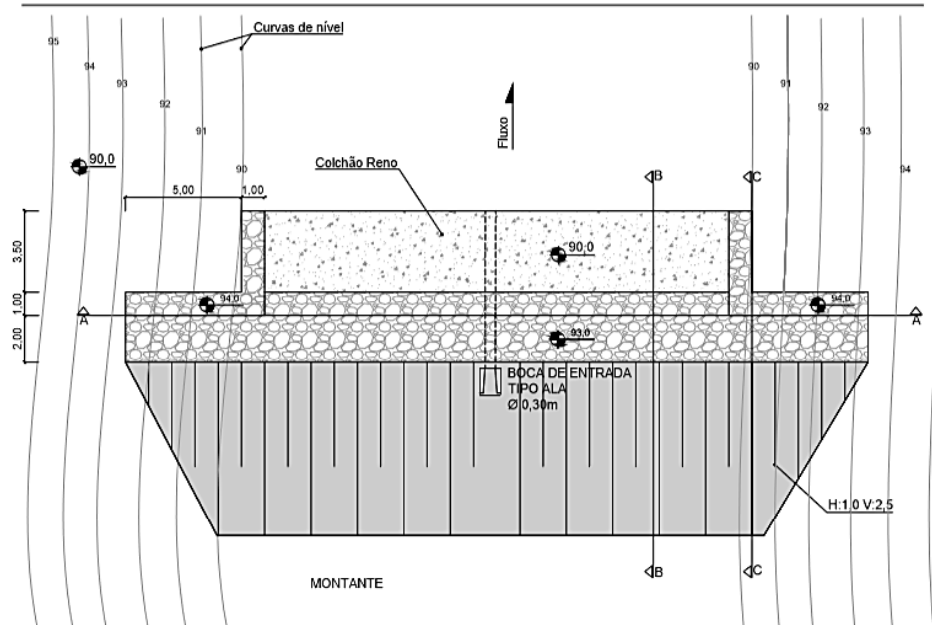
(*)Deve ser avaliada a necessidade na etapa de projeto básico.

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.

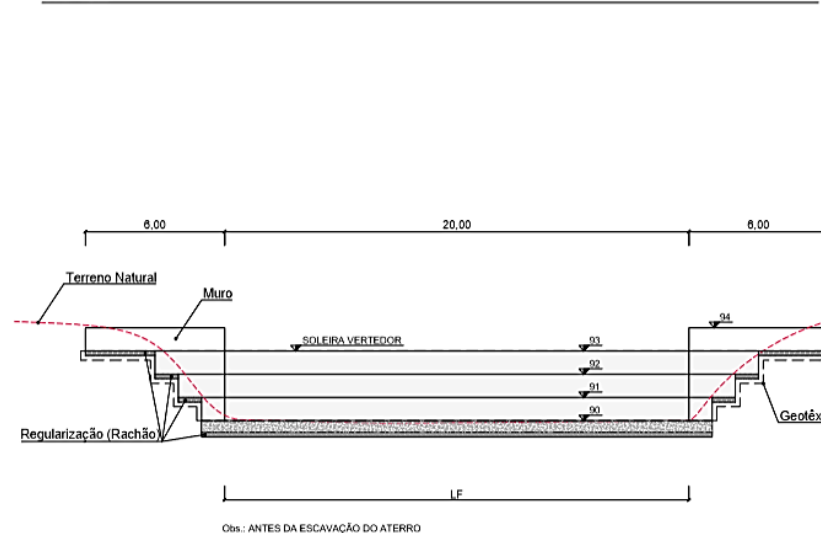
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

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.**

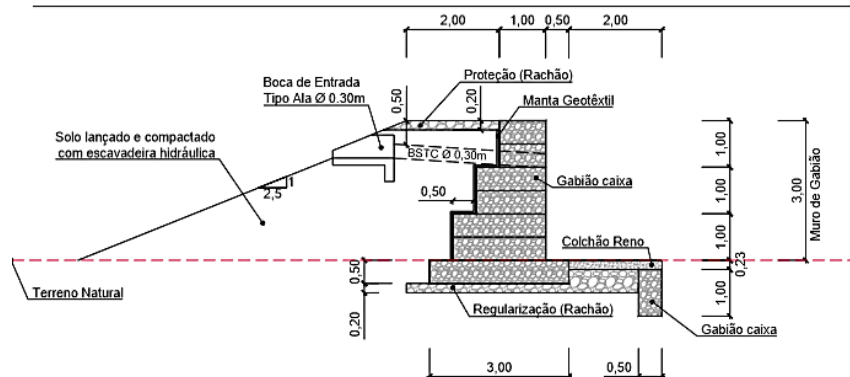
PLANTA BAIXA
ESC.:1/200



CORTE AA
ESC.:1/200



SEÇÃO - Corte BB
ESC.:1/400



SEÇÃO - Corte CC
ESC.:1/400

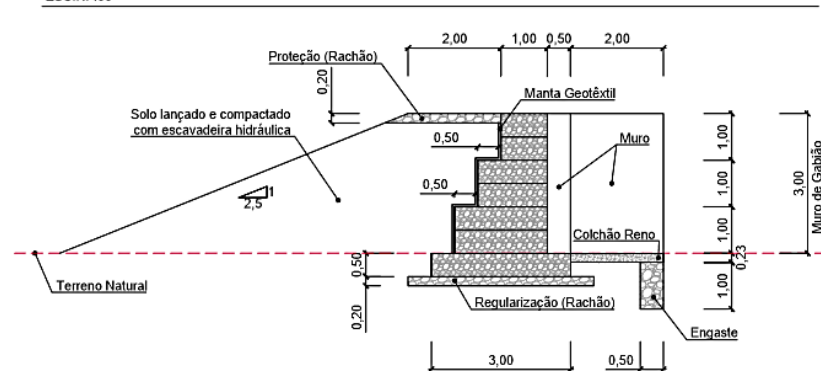
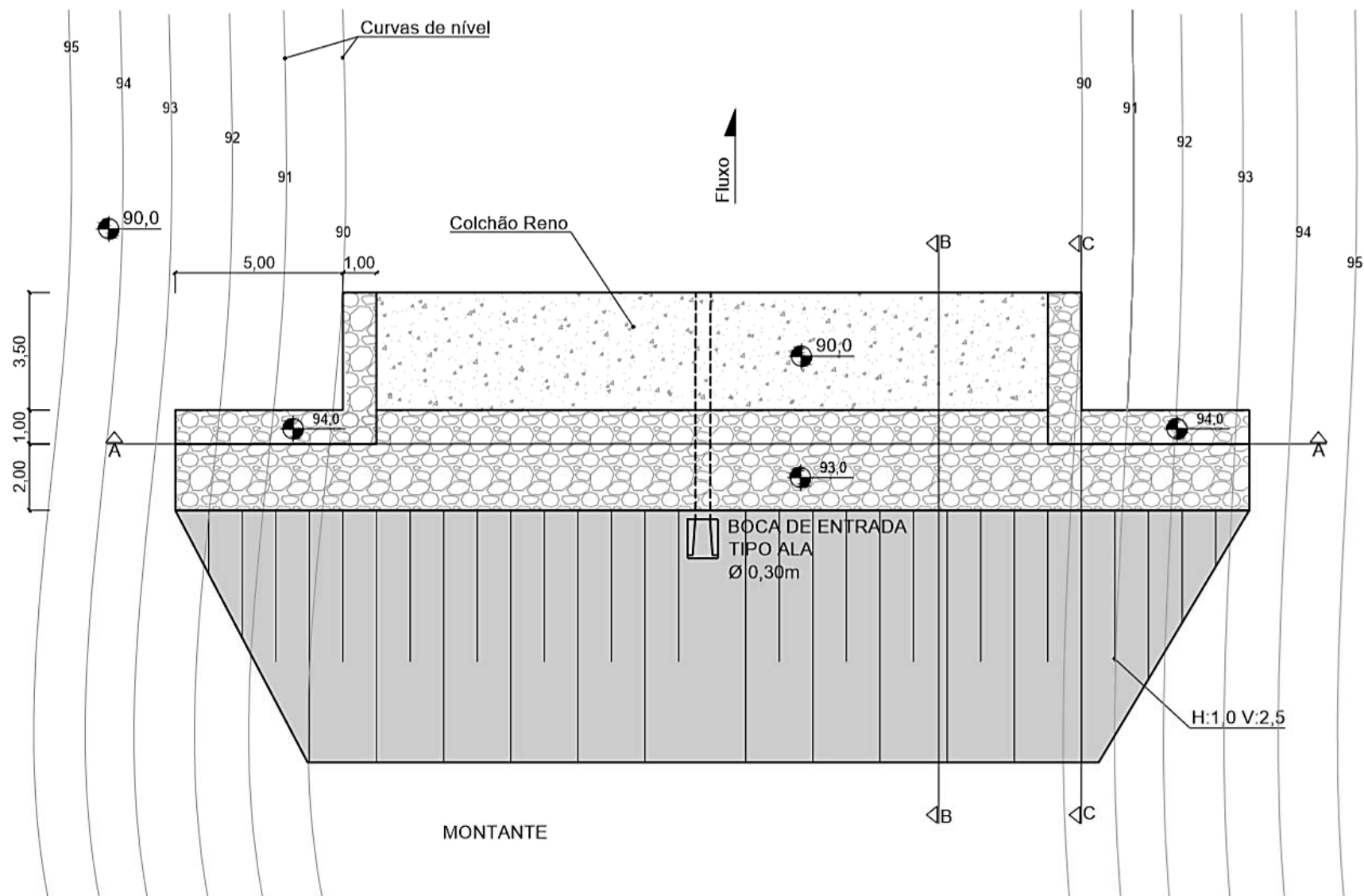
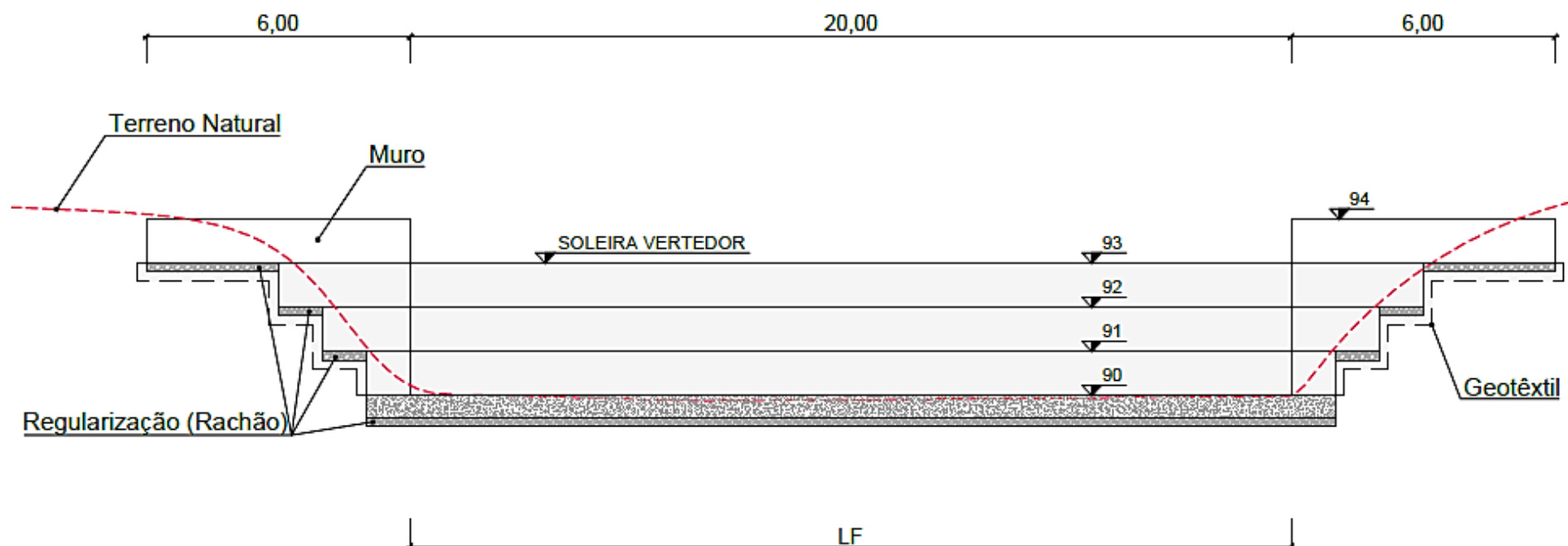


Figura 24 - Seção transversal tipo dos barramentos galgáveis em Gabiões
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí



*Figura 25 - Planta-baixa tipo dos barramentos galgáveis em gabiões
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí*



Obs.: ANTES DA ESCAVAÇÃO DO ATERRO

Figura 26 - Seção-tipo longitudinal dos barramentos galgáveis em gabiões.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

• **Métodos construtivos e quantitativos**

As obras propostas têm os quantitativos indicados no Quadro 22.

Quadro 21 - Quantitativos dos barramentos galgáveis em gabiões.

Item	Itens de custo	Unidade	Quantidade
1	Gabiões tipo caixa (0,50 m x 1,00 m x 1,50m)	m ³	5.152,00
2	Colchão Reno dimensões (0,23 m x 2,00 m x 3,00 m)	m ²	1.724,00
3	Rachão para preenchimento manual dos gabiões e colchão reno	m ³	5.549,00
4	Tubo de Concreto Armado p/ Águas Pluviais Classe 300 PA4	m	300,00
5	Boca Normal - Bueiro Simples Tubular de Concreto	un	34
6	Manta geotextil tipo bidim OP-40 ou similar	m ²	2.000,00
7	Supressão vegetal, destocamento, remoção camada vegetal até 0,30m de profundidade	m ²	6.800,00
8	Escavação em Material de 1ª. Categoria	m ³	3.597,00
9	Aterro em rachão com 0,50m de espessura executado com escavadeira hidráulica para regularização das fundações	m ³	930,00
10	Aterro com solo local lançado e espalhado com escavadeira hidráulica	m ³	8.447,00
Obs.1: Para cálculo do custo do rachão, normalmente vendido por R\$ 26,00 por tonelada na região metropolitana de Porto Alegre - RS, considerar para os gabiões uma massa específica aparente de 18 ton/m³ para o rachão já colocado manualmente nas caixas e colchão Reno. Obs.2: Para o aterro em rachão com 0,50 m de espessura, o custo inclui o fornecimento do Material e a execução do aterro lançado e compactado com escavadeira hidráulica ou trator de esteira.			

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Os mini barramentos 14 e 15 não tiveram o seus quantitativos incluídos nesta fase de concepção.

Os procedimentos e a sequência construtiva são a seguir indicados

- o **Limpeza:** Será feita a supressão vegetal, destocamento e a remoção camada vegetal até 0,30 m de profundidade em toda a área emersa das fundações do barramento.
- o **Ensecadeiras e desvio do canal:** As ensecadeiras poderão ser parciais e alternadas (duas etapas), ou ainda totais (uma etapa), neste último caso é necessária à construção de um desvio lateral do canal.
 As ensecadeiras serão construídas com o próprio solo local, com o solo a ser removido do eventual canal de desvio. As ensecadeiras, terão taludes 1 V : 2,5 H e 4,0 m de largura de plataforma. A vedação destas ensecadeiras será construída por montante, utilizando-se para isso solos locais com no mínimo 10% de argila.
- o **Escavações:** As escavações, tanto das fundações da estrutura em gabiões como da obra de terra, serão executadas em toda a área do barramento e bacia de dissipação até que seja atingida a rocha ou camada com capacidade de suporte e deformabilidades adequadas à obra em gabiões.
 No final da bacia de dissipação deverá ser feita a escavação de trincheira para a colocação de um dente em gabiões, ao qual será solidarizado o colchão Reno.

- o **Tratamento e regularização das fundações:** As fundações do trecho em gabiões e colchão Reno serão regularizadas com rachão com 0,50 m de espessura, o qual será colocado e compactado com escavadeira hidráulica
- o **Estrutura em gabiões:** a estrutura em Gabiões tipo caixa (0,5 m x 1,0m x 1,5 m) e colchão Reno (0,23 m x 2,0m x 3,0 m) serão montadas e preenchidas manualmente com rachão. Especial atenção deverá ser dada a amarração e solidarização dos elementos individuais em gabiões. Toda a face de montante desta estrutura, na interface com o aterro, deverá ser recoberta com manta geotextil tipo bidim OP-40 ou similar.
- o **Aterro de montante:** O aterro de montante da barragem será construído com talude 1 V : 2,5 H (vide seção-tipo), com o mesmo Material local proveniente das escavações.
- o **Fechamento do desvio:** Nos locais onde foi executado o desvio lateral do canal do DNOS, deverá ser feito o fechamento do desvio com o mesmo solo local e sem compactação.

Os desenhos dos anteprojetos dos minibarramentos são apresentados no anexo 5.8.7.

3.5.3 Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta

Conforme descrito, por haver concentração de postos nas regiões mais densamente urbanizadas a jusante e carência a montante, foram propostas o aparelhamento de estações pluviométricas e fluviométricas existentes para aprimorar a rede existente.

As estações pluviométricas com medições horárias existentes na bacia 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), não possuindo nenhuma estação nas áreas de montante da Bacia do Rio Gravataí.

Propõe-se aparelhar estações pluviométricas já instaladas e com dados disponíveis, para possibilitar medições horárias na porção de montante da bacia, conforme apresentado no Quadro 22.

Quadro 22 - 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 estações fluviométricas já implantadas anteriormente e com dados disponíveis, para possibilitar medições horárias na porção de montante da bacia, conforme apresentado no Quadro 23.

Quadro 23 - 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

✓ Modelo Hidrometeorológico para Previsão de curto Prazo

Em relação à previsão nos rios, atualmente a Sala de Situação da SEMA-RS 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 (*Weather Research and Forecasting*, na qual são utilizados produtos nas resoluções de 2,5 e 15 km), e também se utiliza como condição inicial do modelo os dados de monitoramento horário das estações linimétricas.

O modelo é adequado. Há necessidade, apenas, de atualização permanente do modelo à medida que se faz coleta de novos dados e complementação da rede de monitoramento.

Além disto, os resultados de previsão do modelo devem continuar a ser disponibilizados à Defesa Civil, que deverá contar com Programa de Capacitação, para poder interpretar e utilizar as informações de forma adequada.

3.5.4 Sistema de Seguros de Cobertura contra Inundações

O sistema de seguro proposto é composto da seguinte forma:

- **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**

Sugere-se 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.

3.5.5 Política de Gestão de Recursos Hídricos

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 a última versão do Plano de Bacia do Rio Gravataí não definiu o percentual da vazão de referência referente à vazão remanescente, não se tem claro quais são as reais demandas ambientais na bacia.

Portanto, a presente proposta teve 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.

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.

Além disso, entende-se que seja necessária a criação da agência de bacia para assumir o papel de órgão regulador, aplicando a cobrança do uso da água e fiscalizando as outorgas, uma vez que o DRH já atribui diversas outras funções que o impedem de realizar uma regulação mais adequada.

Conforme preceitos da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e regulamenta que *“em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais”*.

Como ferramentas para a gestão dos recursos hídricos, poderão ser utilizados pelo órgão regulador 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, deverá 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 o **Anexo 5.3 - Mapas de Resultados Hidrológicos para o Cenário 0, Figura 27** e o **Anexo 5.1 - Resultados Hidrológicos para o Cenário 0, Quadro 43 e Quadro 44** que contém o mapa com a nomenclatura de cada sub-bacia de rio e as vazões de permanência Q90% e Q85% mensal para cada uma das sub-bacias de rio respectivamente.

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.

Mesmo com a implantação das obras do Banhado, por terem um volume de acumulação pequeno dado o seu viés ambiental, não é 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, que para que haja um atendimento aceitável, com poucas perdas, a área total irrigada da bacia não deve passar dos 5.000 ha, uma vez que a perda média anual é de 2,15% da produção considerando um prejuízo de plantio linear à falta de água na bacia.

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 será 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, **deverá ser implementada uma Política de Gestão dos Recursos Hídricos na Bacia de forma efetiva.**

3.6 Orçamento das Soluções Consolidadas

O orçamento das soluções consolidadas apresenta o total dos itens quantificados e orçados acrescido do BDI conforme o Decreto Nº 19.224 de 25 de novembro de 2015.

O decreto considera o 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.

3.6.1 Zoneamento, Desapropriação e Revitalização das Áreas Desapropriadas

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 levantamento de custo foi realizado com base no Método comparativo direto de dados de mercado. Considerado o método mais utilizado na avaliação de imóveis urbanos (THOFERH, 2010). Para o presente orçamento e previsão de custos, foi utilizada a data base de janeiro/2018.

O método comparativo direto dos dados de mercado possibilitou o levantamento de dados, com as características de preço apresentadas no PRODUTO 12. Também estão apresentados os dados das imobiliárias utilizadas no levantamento de dados.

✓ Orçamento de Desapropriação no Zoneamento Consolidado

No Quadro 24 abaixo consta o orçamento da desapropriação da zona de passagem de cheias. Para a estimativa dos valores dos terrenos e edificações a desapropriar foi utilizado o valor médio levantado nas pesquisas, conforme apresentado no PRODUTO 12.

Quadro 24 - Orçamento da desapropriação da zona de passagem de cheias no Zoneamento

Município	Valores das áreas a Desapropriar - Zona de Passagem de Cheias					
	Área (m²)	R\$ / m²	Valor terreno (R\$)	Número de Edificações	R\$ / Edificação	Valor Edificação (R\$)
MANCHA DO RIO GRAVATAÍ						
Alvorada	15.725	400,63	6.299.907	35	120.940,13	4.232.905
Cachoeirinha	1.340	451,57	605.104	25	181.912,63	4.547.816
Canoas	0	597,47	0	0	89.075,18	0
Gravataí	8.536	192,33	1.641.729	88	194.838,68	17.145.804
Porto Alegre	0	346,39	0	0	49.812,55	0
Totais	25.601	-	R\$ 8.546.739,43	148	-	R\$ 25.926.524,14
Total			R\$ 34.473.263,57			
Total com BDI			R\$ 41.143.840,07			

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

✓ Orçamento das demolições

No Quadro 25 abaixo consta o orçamento da demolição das áreas a serem desapropriadas no cenário consolidado.

A base de cálculo para os custos de demolição foi feita a partir do projeto de reurbanização da Vila Mato Sampaio do DEMHAB / POA, data base de cálculo de abril de 2016.

O preço de demolição mais transporte até 30 km por m² de edificação à época foi estimado em R\$ 67,60 / m². Foi realizada a correção para a base de cálculo de janeiro de 2018 com base no índice FGV INCC.

A área média utilizada para cálculo de cada edificação foi estimada em 80 m².

Quadro 25 - Orçamento da demolição das áreas a serem desapropriadas

Município	Áreas a Desapropriar			
	Número de Edificações	Demolição (R\$ / Edificação)	Área média da Edificação	Total Demolição (R\$)
MANCHA DO RIO GRAVATAÍ				
Alvorada	35	73,39	80,00	205.505,18
Cachoeirinha	25	73,39	80,00	146.789,42
Canoas	0	73,39	80,00	0,00
Gravataí	88	73,39	80,00	516.698,74
Porto Alegre	0	73,39	80,00	0,00
Total	70			R\$ 868.993,34
Total com BDI				R\$ 1.114.136,36

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Orçamento de Revitalização de Áreas Desapropriadas com a Implantação de Parques Lineares

Para estimar os custos de revitalização da área e sua respectiva manutenção, foi utilizada a parametrização de valores de projetos semelhantes.

Foram utilizados 03 (três) projetos para servir de balizadores:

- Parque Linear do Programa Socioambiental - PISA / Arroio Cavalhada às margens do Arroio Cavalhada, da Prefeitura Municipal de Porto Alegre.
- Revitalização do Arroio Pampa da Prefeitura Municipal de Novo Hamburgo-RS.
- Parque das Nações Indígenas da Prefeitura Municipal de Campo Grande.

No Quadro 26 está apresentada a parametrização dos custos.

Quadro 26 - Custos de revitalização de áreas desapropriadas e implantação de parques lineares

Projeto	Custo (R\$)	Área (m²)	Parâmetro (R\$/m²)	Reajustado p/ 2018 (sem BDI)
Parque Linear do PROGRAMA SOCIOAMBIENTAL - PISA / ARROIO CAVALHADA as margens do Arroio Cavalhada, da Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Base jan/2005	1.657.780,94	53.116,98	31,21	55,39
Revitalização do Arroio Pampa da Prefeitura Municipal de Novo Hamburgo. Base Jun/2015	1.616.469,59	30.178,08	53,56	58,00
Parque das Nações Indígenas da Prefeitura Municipal de Campo Grande. Base Jan/2009	36.494.731,70	1.160.000,00	31,46	44,69

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

Para o reajustamento das datas bases para jan/2018 foi utilizada a tabela do índice de reajustamento de obras rodoviárias do DNIT e FGV.

O parâmetro foi o resultado da média entre os 3 valores levantados R\$ 55,36, R\$ 58,00 e R\$ 44,69. Para estimar o custo de implantação do parque linear foi considerado o valor de R\$ 52,59 / m².

Quadro 27 - Custo Total da Revitalização da Área

Área Total (m²)	Custo Unitário (m²)	Valor Total
25.601	52,59	R\$ 1.346.356,58
Projeto Executivo	2,34%	R\$ 31.504,74
Licenciamentos	1,5%	R\$ 20.195,35
Instalação e Canteiro de Obras	1,5%	R\$ 20.195,35
Administração Local da Obra	4,04%	R\$ 54.392,81
Controle tecnológico dos Serviços e Materiais	0,6%	R\$ 8.078,14
Total		R\$ 1.480.722,98
Total com BDI		R\$ 1.891.801,81

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

No cálculo do custo não estão inclusas as ciclovias, a iluminação, os equipamentos (quadras, etc.) e a demolição. Os serviços orçados nos parques são:

- o Limpeza do terreno e terraplenagem;
- o Microdrenagem;
- o Mobiliários urbanos (bancos, lixeiras, sinalização, etc.);
- o Replante de árvores e vegetais de médio porte;
- o Bacias de retenção;
- o Infraestrutura e pavimentação.

✓ Resumo

Os demais custos que envolvem a desapropriação e implantação de parques como a avaliação dos imóveis e demolições são apresentados no Quadro 28 a seguir.

Quadro 28 - Custo total do zoneamento, desapropriação e revitalização das áreas desapropriadas

Item	Descrição	Valor (com BDI)
1	Zoneamento com desapropriações	R\$ 44.547.530,75
1.1	Desapropriações	R\$ 41.143.840,07
1.2	Avaliação dos Imóveis (1%)	R\$ 397.752,52
1.3	Demolições e Transporte até 30 km	R\$ 1.114.136,36
1.4	Parque Linear	R\$ 1.891.801,81

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

3.6.2 Orçamento das Obras de Elevação do Dique Vila Dique – Aeroporto

Para estimar os custos de melhoria do sistema de proteção do Aeroporto de Porto Alegre a partir da elevação do dique que o compõe, os quantitativos através dos anteprojetos e os custos unitários com base em custos de referência como SINAPI e SICRO conforme apresentado no Quadro 33.

Quadro 29 - Custo Total da elevação do dique Vila Dique em Porto Alegre – Aeroporto

Item	Base de Custo	Descrição	Quant.	Unidade	Valor Unit.	Total
1	SINAPI 73672	Desmatamento e limpeza mecanizada de terreno com arvores até ø 15cm, utilizando trator de esteiras	54.066,39	m²	0,32	17.301,24
2	SINAPI 72961	Regularização e Compactação de Subleito até 20 cm de Espessura	47.334,39	m²	1,18	55.854,58
3	-	Material importado de jazida	76.473,00	m³		
3.1	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m³	76.473,00	m³	2,24	171.299,52
	SINAPI 6077	Argila ou barro para aterro/reaterro (retirado na jazida, sem transporte)	99.414,90	m³	15,98	1.588.650,10
3.2	SINAPI 72887	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m³ em Rodovia Pavimentada (DMT = 23,13)	2.299.466,64	m³xKm	1,06	2.437.434,64
3.3	SINAPI 72886	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m³ em Rodovia com Revestimento Primário (DMT = 2,0)	198.829,80	m³	1,26	250.525,55
3.4	SINAPI 74010/001	Carga e Descarga Mecânica de Solo Utilizando Caminhão Basculante 6m³/16T e Pá Carregadeira Sobre Pneus 128HP, Capacidade da Caçamba 1,7 a 2,8 m³, Peso Operacional 11632 kg - Brita	99.414,90	m³	1,57	156.081,39
3.5	SINAPI 74005/002	Compactação mecânica c/ controle do gc>=95% do pn (áreas) (c/ moniveladora 140 hp e rolo compressor vibratório 80 hp)	76.473,00	m³	4,94	377.776,62
3.6	DAER 7050	Hidrossemeadura	14.810,00	m²	3,11	46.059,10
6	SINAPI 78472	Serviços Topográficos para Pavimentação, Inclusive Nota de Serviços, Acompanhamento e Greide	54.066,39	m²	0,35	18.923,24
SUBTOTAL						5.119.905,98
8	Estimativa	Projeto Executivo	2,3%	%		119.805,80
9	Estimativa	Licenciamentos	1,5%	%		76.798,59
10	Estimativa	Instalação e Canteiro de Obras	1,5%	%		76.798,59
11	Estimativa	Administração Local da Obra	4,04%	%		206.844,20
12	Estimativa	Controle tecnológico dos Serviços e Materiais	0,60%	%		30.719,44
13	Estimativa	Remanejo de redes existentes	1,00%	%		51.199,06
SUBTOTAL						562.165,68
TOTAL (SEM BDI)						5.682.071,65
TOTAL (COM BDI)						7.259.759,72

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

3.6.3 Orçamento das Obras do Dique Sarandi – Oeste em P. Alegre

Para estimar os custos de implantação do sistema de proteção composto por dique e casa de bombas foram levantados os quantitativos através dos anteprojetos e os custos unitários com base em custos de referência como SINAPI e SICRO conforme apresentado no Quadro 30.

Quadro 30 - Custo Total da Implantação do dique em Porto Alegre – Sarandi Oeste

Item	Base de Custo	Descrição	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Total
1	SINAPI 73672	Desmatamento e limpeza mecanizada de terreno com arvores até ø 15cm, utilizando trator de esteiras	121.615,15	m²	0,32	38.916,85
2	SINAPI 72961	Regularização e Compactação de Subleito até 20 cm de Espessura	112.215,15	m²	1,18	132.413,88
3	-	Material importado de jazida	325.500,00	m³		
3.1	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em Material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m³	325.500,00	m³	2,24	729.120,00
3.2	SINAPI 6077	Argila ou barro para aterro/reaterro (retirado na jazida, sem transporte)	423.150,00	m³	15,98	6.761.937,00
3.3	SINAPI 72887	Transporte comercial com caminhão basculante 6 m³ em rodovia pavimentada (DMT = 13,33)	9.787.459,50	m³xKm	1,06	10.374.707,07
3.4	SINAPI 72886	Transporte comercial com caminhão basculante 6 m³ em rodovia com revestimento primário (DMT = 2,0)	846.300,00	m³	1,26	1.066.338,00
3.5	SINAPI 74010/001	Carga e descarga mecânica de solo utilizando caminhão basculante 6m³/16T e pá carregadeira sobre pneus 128HP, capacidade da caçamba 1,7 a 2,8 m³, peso operacional 11632 kg - brita	423.150,00	m³	1,57	664.345,50
3.6	SINAPI 74005/002	Compactação mecânica c/ controle do gc>=95% do pn (áreas) (c/motoniveladora 140 hp e rolo compressor vibratório 80 hp)	325.500,00	m³	4,94	1.607.970,00
3.7	DAER 7050	Hidrossemeadura	21.019,04	m²	3,11	65.369,21
4	-	Cut-off	15.400,00	m³		
4.1	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em Material de 1a cat, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m³	15.400,00	m³	2,24	34.496,00
	SINAPI 6077	Argila ou barro para aterro/reaterro (retirado na jazida, sem transporte)	20.020,00	m³	15,98	319.919,60
4.2	SINAPI 72887	Transporte comercial com caminhão basculante 6 m³ em rodovia pavimentada (DMT = 13,33)	463.062,60	m³xKm	1,06	490.846,36
4.3	SINAPI 72886	Transporte comercial com caminhão basculante 6 m³ em rodovia com revestimento primário (DMT = 2,0)	40.040,00	m³	1,26	50.450,40
4.4	SINAPI 74010/001	Carga e descarga mecânica de solo utilizando caminhão basculante 6m³/16T e pá carregadeira sobre pneus 128HP, capacidade da caçamba 1,7 a 2,8 m³, peso operacional 11632 kg - brita	20.020,00	m³	1,57	31.431,40
4.5	SINAPI 74005/002	Compactação mecânica c/ controle do gc>=95% do pn (áreas) (c/motoniveladora 140 hp e rolo compressor vibratório 80 hp)	15.400,00	m³	4,94	76.076,00
5	Paramet.	Casa de Bombas EB 4+1R (161 CV)	805,00	CV		10.366.438,23
6	SINAPI 78472	Serviços Topográficos para Pavimentação, Inclusive Nota de Serviços, Acompanhamento e Greide	121.615,15	m²	0,35	42.565,30
7	-	Desapropriação				
7.1	Pesquisa Mercado	Desapropriação (3+900 a 4+700) (área da base do dique)	19.100,45	m²	346,39	6.616.205,27
7.2	Pesquisa Mercado	Edificação (3+900 a 4+700)	203,00	unid.	49.812,55	10.111.947,65
7.3	Paramet.	Demolição (3+900 a 4+700)	16.240,00	m²	73,39	1.191.930,05
SUBTOTAL						50.773.423,77
8	Estimativa	Projeto Executivo	2,34	%		1.188.098,12
9	Estimativa	Licenciamentos	1,50	%		761.601,36
10	Estimativa	Instalação e Canteiro de Obras	1,5	%		761.601,36
11	Estimativa	Administração Local da Obra	4,04	%		2.051.246,32
12	Estimativa	Controle tecnológico dos Serviços e Materiais	0,60	%		304.640,54
13	Estimativa	Remanejo de redes existentes	1,00	%		507.734,24
SUBTOTAL						5.574.921,93
TOTAL						56.348.345,70
TOTAL						70.511.953,23

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

3.6.4 Orçamento das Obras do Dique de Porto Alegre - Leste Sarandi

Para estimar os custos de implantação do sistema de proteção composto por dique e casa de bombas foram levantados os quantitativos através dos anteprojetos e os custos unitários com base em custos de referência como SINAPI e SICRO conforme apresentado no Quadro 31.

Quadro 31 - Custo total da Implantação do dique no bairro Sarandi em Porto Alegre – Leste

Item	Base de Custo	Descrição	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Total
1	SINAPI 73672	Desmatamento e limpeza mecanizada de terreno com arvores até ø 15cm, utilizando trator de esteiras	72.216,47	m ²	0,32	23.109,27
2	SINAPI 72961	Regularização e Compactação de Subleito até 20 cm de Espessura	65.256,47	m ²	1,18	77.002,63
3	-	Material importado de jazida	146.000,00	m ³		
3.1	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em Material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m3	146.000,00	m ³	2,24	327.040,00
	SINAPI 6077	Argila ou barro para aterro/reaterro (retirado na jazida, sem transporte)	189.800,00	m ³	15,98	3.033.004,00
3.2	SINAPI 72887	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m3 em Rodovia Pavimentada (DMT = 23,13)	4.390.074,00	m ³ xKm	1,06	4.653.478,44
3.3	SINAPI 72886	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m3 em Rodovia com Revestimento Primário (DMT = 2,0)	379.600,00	m ³	1,26	478.296,00
3.4	SINAPI 74010/001	Carga e Descarga Mecânica de Solo Utilizando Caminhão Basculante 6m ³ /16T e Pá Carregadeira Sobre Pneus 128HP, Capacidade da Caçamba 1,7 a 2,8 m ³ , Peso Operacional 11632 kg - Brita	189.800,00	m ³	1,57	297.986,00
3.5	SINAPI 74005/002	Compactação mecânica c/ controle do gc>=95% do pn (áreas) (c/motoniveladora 140 hp e rolo compressor vibratório 80 hp)	146.000,00	m ³	4,94	721.240,00
3.6	DAER 7050	Hidrossemeadura	15.563,03	m ²	3,11	48.401,03
4	-	Cut-off	15.300,00	m ³		
4.1	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em Material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m3	15.300,00	m ³	2,24	34.272,00
	SINAPI 6077	Argila ou barro para aterro/reaterro (retirado na jazida, sem transporte)	19.890,00	m ³	15,98	317.842,20
4.2	SINAPI 72887	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m3 em Rodovia Pavimentada (DMT = 23,13)	460.055,70	m ³ xKm	1,06	487.659,04
4.3	SINAPI 72886	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m3 em Rodovia com Revestimento Primário (DMT = 2,0)	39.780,00	m ³	1,26	50.122,80
4.4	SINAPI 74010/001	Carga e Descarga Mecânica de Solo Utilizando Caminhão Basculante 6m ³ /16T e Pá Carregadeira Sobre Pneus 128HP, Capacidade da Caçamba 1,7 a 2,8 m ³ , Peso Operacional 11632 kg - Brita	19.890,00	m ³	1,57	31.227,30
4.5	SINAPI 74005/002	Compactação mecânica c/ controle do gc>=95% do pn (áreas) (c/motoniveladora 140 hp e rolo compressor vibratório 80 hp)	15.300,00	m ³	4,94	75.582,00
5	Projeto DEP	Ampliação Casa de Bombas Existente Bairro Sarandi	1.100,00	CV		11.025.466,00
6	SINAPI 78472	Serviços Topográficos para Pavimentação, Inclusive Nota de Serviços, Acompanhamento e Greide	72.216,47	m2	0,35	25.275,76
7	-	Desapropriação				
7.1	Pesquisa Mercado	Desapropriação (2+600 a 3+480) (área da base do dique)	16.501,64	m2	346,39	5.716.001,41
7.2	Pesquisa Mercado	Edificação (2+600 a 3+480)	253,00	Unidade	49.812,55	12.602.575,15
7.3	Paramet.	Demolição (2+600 a 3+480)	20.240,00	m2	73,39	1.485.508,88
SUBTOTAL						41.511.089,92
8	971.359,50	Projeto Executivo	2,34	%		971.359,50
9	622.666,35	Licenciamentos	1,50	%		622.666,35
10	622.666,35	Instalação e Canteiro de Obras	1,5	%		622.666,35
11	1.677.048,03	Administração Local da Obra	4,04	%		1.677.048,03
12	249.066,54	Controle tecnológico dos Serviços e Materiais	0,60	%		249.066,54
13	415.110,90	Remanejo de redes existentes	1,00	%		415.110,90
SUBTOTAL						4.557.917,67
TOTAL						46.069.007,59
TOTAL COM BDI						57.237.535,23

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

3.6.5 Orçamento das Obras do Dique de Cachoeirinha

Para estimar os custos de implantação e melhoria do sistema de proteção composto pelo dique já existente com sua elevação e prolongamento, e casa de bombas foram levantados os quantitativos através dos anteprojetos e os custos unitários com base em custos de referência como SINAPI, SICRO, entre outros conforme apresentado no Quadro 32.

Quadro 32 - Custo Total da Implantação do dique em Cachoeirinha

Item	Base de Custo	Descrição	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Total
1	SINAPI 73672	Desmatamento e limpeza mecanizada de terreno com arvores até Ø 15cm, utilizando trator de esteiras	59.516,63	m²	0,32	19.045,32
2	SINAPI 72961	Regularização e Compactação de Subleito até 20 cm de Espessura	52.430,63	m²	1,18	61.868,15
3	-	Material importado de jazida	89.900,00	m³		
3.1	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em Material de 1ª categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m³	89.900,00	m³	2,24	201.376,00
	SINAPI 6077	Argila ou barro para aterro/reaterro (retirado na jazida, sem transporte)	116.870,00	m³	15,98	1.867.582,60
3.2	SINAPI 72887	Transporte comercial com caminhão basculante 6 m³ em rodovia pavimentada (DMT = 13,33)	1.557.877,10	m³xKm	1,06	1.651.349,73
3.3	SINAPI 72886	Transporte comercial com caminhão basculante 6 m³ em rodovia com revestimento primário (DMT = 2,0)	233.740,00	m³	1,26	294.512,40
3.4	SINAPI 74010/001	Carga e descarga mecânica de solo utilizando caminhão basculante 6m³/16T e pá carregadeira sobre pneus 128HP, capacidade da caçamba 1,7 a 2,8 m³, peso operacional 11632 kg - brita	116.870,00	m³	1,57	183.485,90
3.5	SINAPI 74005/002	Compactação mecânica c/ controle do gc>=95% do pn (áreas) (c/motoniveladora 140 hp e rolo compressor vibratório 80 hp)	89.900,00	m³	4,94	444.106,00
3.6	DAER 7050	Hidrossemeadura	15.844,78	m²	3,11	49.277,26
4	-	Cut-off	10.600	m³		
4.1	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em Material de 1ª categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m³	10.600,00	m³	2,24	23.744,00
	SINAPI 6077	Argila ou barro para aterro/reaterro (retirado na jazida, sem transporte)	13.780,00	m³	15,98	220.204,40
4.2	SINAPI 72887	Transporte comercial com caminhão basculante 6 m³ em rodovia pavimentada (DMT = 13,33)	183.687,40	m³xKm	1,06	194.708,64
4.3	SINAPI 72886	Transporte comercial com caminhão basculante 6 m³ em rodovia com revestimento primário (DMT = 2,0)	27.560,00	m³	1,26	34.725,60
4.4	SINAPI 74010/001	Carga e descarga mecânica de solo utilizando caminhão basculante 6m³/16T e pá carregadeira sobre pneus 128HP, capacidade da caçamba 1,7 a 2,8 m³, peso operacional 11632 kg - brita	13.780,00	m³	1,57	21.634,60
4.5	SINAPI 74005/002	Compactação mecânica c/ controle do gc>=95% do pn (áreas) (c/motoniveladora 140 hp e rolo compressor vibratório 80 hp)	10.600,00	m³	4,94	52.364,00
5	Parametr.	Casa de Bombas EB 4+1R (116 CV)	580	CV		8.739.776,70
6	SINAPI 78472	Serviços Topográficos para Pavimentação, Inclusive Nota de Serviços, Acompanhamento e Greide	59.516,63	m²	0,35	20.830,82
7	-	Desapropriação				
7.1	Pesquisa mercado	Desapropriação (1+500 a 1+800, 2+550 a 2+750 e 3+150 a 3+300) (área da base do dique)	9.618,94	m²	451,57	4.343.625,56
7.2	Pesquisa mercado	Edificação (1+500 a 1+800, 2+550 a 2+750 e 3+150 a 3+300)	28	unid.	181.912,63	5.093.553,64
7.3	Parametr.	Demolição (1+500 a 1+800, 2+550 a 2+750 e 3+150 a 3+300)	2.240,00	m²	73,39	164.404,15
SUBTOTAL						23.682.175,46
8	Estimativa	Projeto Executivo	2,34	%		554.162,91
9	Estimativa	Licenciamentos	1,50	%		355.232,63
10	Estimativa	Instalação e Canteiro de Obras	1,5	%		355.232,63
11	Estimativa	Administração Local da Obra	4,04	%		956.759,89
12	Estimativa	Controle tecnológico dos Serviços e Materiais	0,60	%		142.093,05
13	Estimativa	Remanejo de redes existentes	1,00	%		236.821,75
SUBTOTAL						2.600.302,87
TOTAL						26.282.478,33
TOTAL COM BDI						32.743.955,94

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

3.6.6 Orçamento das Obras do Dique de Gravataí

Para estimar os custos de implantação do sistema de proteção composto por dique e casa de bombas foram levantados os quantitativos através dos anteprojetos e os custos unitários com base em custos de referência como SINAPI e SICRO conforme apresentado no Quadro 33.

Quadro 33 - Custo Total da Implantação do dique em Gravataí

Item	Base de Custo	Descrição	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Total (sem BDI)
1	SINAPI 73672	Desmatamento e limpeza mecanizada de terreno com arvores até ø 15cm, utilizando trator de esteiras	51.721,57	m²	0,32	16.550,90
2	SINAPI 72961	Regularização e Compactação de Subleito até 20 cm de Espessura	45.163,57	m²	1,18	53.293,01
3	-	Material importado de jazida	71.200,00	m³		
3.1	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em Material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m³	71.200,00	m³	2,24	159.488,00
3.2	SINAPI 6077	Argila ou barro para aterro/reaterro (retirado na jazida, sem transporte)	92.560,00	m³	15,98	1.479.108,80
3.3	SINAPI 72887	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m³ em Rodovia Pavimentada (DMT = 23,13)	2.246.431,20	m³xKm	1,06	2.381.217,07
3.4	SINAPI 72886	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m³ em Rodovia com Revestimento Primário (DMT = 2,0)	185.120,00	m³	1,26	233.251,20
3.5	SINAPI 74010/001	Carga e Descarga Mecânica de Solo Utilizando Caminhão Basculante 6m³/16T e Pá Carregadeira Sobre Pneus 128HP, Capacidade da Caçamba 1,7 a 2,8 m³, Peso Operacional 11632 kg - Brita	92.560,00	m³	1,57	145.319,20
3.6	SINAPI 74005/002	Compactação mecânica c/ controle do gc>=95% do pn (áreas) (c/motoniveladora 140 hp e rolo compressor vibratório 80 hp)	71.200,00	m³	4,94	351.728,00
3.7	DAER 7050	Hidrossemeadura	14.664,13	m²	3,11	45.605,46
4	-	Cut-off	9.800,00	m³		
4.1	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em Material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m³	9.800,00	m³	2,24	21.952,00
4.2	SINAPI 6077	Argila ou barro para aterro/reaterro (retirado na jazida, sem transporte)	12.740,00	m³	15,98	203.585,20
4.3	SINAPI 72887	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m³ em Rodovia Pavimentada (DMT = 23,13)	309.199,80	m³xKm	1,06	327.751,79
4.4	SINAPI 72886	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m³ em Rodovia com Revestimento Primário (DMT = 2,0)	25.480,00	m³	1,26	32.104,80
4.5	SINAPI 74010/001	Carga e Descarga Mecânica de Solo Utilizando Caminhão Basculante 6m³/16T e Pá Carregadeira Sobre Pneus 128HP, Capacidade da Caçamba 1,7 a 2,8 m³, Peso Operacional 11632 kg - Brita	12.740,00	m³	1,57	20.001,80
4.6	SINAPI 74005/002	Compactação mecânica c/ controle do gc>=95% do pn (áreas) (c/motoniveladora 140 hp e rolo compressor vibratório 80 hp)	9.800,00	m³	4,94	48.412,00
5	Paramet.	Casa de Bombas EB 2+1R (88 CV)	264,00	CV		4.834.176,41
6	SINAPI 78472	Serviços Topográficos para Pavimentação, Inclusive Nota de Serviços, Acompanhamento e Greide	51.721,57	m²	0,35	18.102,55

Item	Base de Custo	Descrição	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Total (sem BDI)
7	-	Desapropriação				
7.1	Pesquisa mercado	Desapropriação (0+000 a 2+200 e 2+900 a 3+279) (área da base do dique)	24.792,44	m ²	192,33	4.768.330,65
7.2	Pesquisa mercado	Edificação (0+000 a 2+200 e 2+900 a 3+279)	134,00	Unidade	194.838,68	26.108.383,12
7.3	Paramet.	Demolição (0+000 a 2+200 e 2+900 a 3+279)	10.720,00	m ²	73,39	786.791,27
SUBTOTAL						42.035.153,22
8	Estimativa	Projeto Executivo	2,34	%		983.622,59
9	Estimativa	Licenciamentos	1,50	%		630.527,30
10	Estimativa	Instalação e Canteiro de Obras	1,5%	%		630.527,30
11	Estimativa	Administração Local da Obra	4,04%	%		1.698.220,19
12	Estimativa	Controle tecnológico dos Serviços e Materiais	0,60%	%		252.210,92
13	Estimativa	Remanejo de redes existentes	1,00%	%		420.351,53
SUBTOTAL						4.615.459,82
TOTAL						46.650.613,05
TOTAL COM BDI						56.867.978,72

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

3.6.7 Orçamento das Obras para Revitalização das Áreas Degradadas

Para estimar os custos de implantação de minibarramentos para a revitalização das áreas degradadas, foram consultadas as tabelas de custo do SINAPI, SICRO e DAER/RS.

No Quadro 34 está apresentado o levantamento dos custos.

Para cálculo do custo do rachão, considerou-se para os gabiões uma massa específica aparente de 18 t/m³ para o rachão já colocado manualmente nas caixas e colchão Reno.

Para o aterro em rachão com 0,50 m de espessura, o custo inclui o fornecimento do material e a execução do aterro lançado e compactado com escavadeira hidráulica ou trator de esteira.

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 minibarramentos 14 e 15 não tiveram o seu custo incluído nesta fase de concepção.

Quadro 34 - Orçamento dos Mini - barramentos

Item	Base de Custo	Descrição	Quant.	Unidade	Valor Unit.	Total
1	SINAPI 92743	Muro de gabião, enchimento com pedra de mão tipo rachão, de gravidade, com gaiolas de comprimento igual a 2 metros, altura do muro de até 4 metros - fornecimento e execução. Af_12/2015	5.152,00	m3	404,09	2.081.871,68
2	DAER 7076	Execução gabião colchão reno H=0,23m - inclusive transporte	1.724,00	m2	651,2	1.122.668,80
3	SINAPI 83665	Fornecimento e instalação de manta bidim rt - 14	2.000,00	m2	6,57	13.140,00
4	-	Rachão para preenchimento manual dos gabiões e colchão reno	5.549,00	m3	(Incluso no item Gabião)	
5	DAER 8009	Transporte rachão $Y=3,73Xs+1,59Xr+1,10Xp+2,32(Xs=1, Xr=10 \text{ e } Xp=2 \text{ em km})$	5548,52	m3	24,15	133.996,76
6	SINAPI 73672	Desmatamento e limpeza mecanizada de terreno com arvores até $\varnothing$ 15cm, utilizando trator de esteiras	6.800,00	m2	0,32	2.176,00
7	DAER 2	Destocamento árvores c/ $d>30\text{cm}$	500,00	Unidade	73,9	36.950,00
8	DAER 3	Desgalhamento, corte em toras e empilhamento de árvores	2.500,00	m3	103,96	259.900,00
9	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em Material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m3	3.597,00	m3	2,24	8.057,28
10	DAER 839	Fornecimento rachão enchimento brita e camada bloqueio - exclusive transporte	3.438,00	m3	33,01	113.488,38
11	DAER 840	Execução rachão - exclusive mat e transporte	3.438,00	m3	3,63	12.479,94
12	DAER 8009	Transporte rachão $Y=3,73Xs+1,59Xr+1,10Xp+2,32(Xs=1, Xr=10 \text{ e } Xp=2 \text{ em km})$	3.438,00	m3	24,15	83.027,70
13	SINAPI 72961	Regularização e Compactação de Subleito até 20 cm de Espessura	5.158,67	m ²	1,18	6.087,23
14	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em Material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m3	8.447,00	m3	2,24	18.921,28
15	DAER 131	Espalhamento bota-fora		m3	1,48	12.501,56
16	SINAPI 78472	Serviços Topográficos para Pavimentação, Inclusive Nota de Serviços, Acompanhamento e Greide	5.158,67	m ²	0,35	1.805,53
SUBTOTAL						R\$3.907.072,14
17	Estimativa	Projeto Executivo	2,34	%		91.425,49
18	Estimativa	Licenciamentos	1,50	%		58.606,08
19	Estimativa	Instalação e Canteiro de Obras	1,50	%		58.606,08
20	Estimativa	Administração Local da Obra	4,04	%		157.845,71
21	Estimativa	Controle tecnológico dos Serviços e Materiais	0,60	%		23.442,43
TOTAL						R\$ 4.296.997,94
TOTAL COM BDI						R\$ 5.489.932,01

Fonte: DAER: Base maio/2017; SINAPI: Base fevereiro/2018; Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.6.8 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.

Para estimar os custos de aprimoramento da rede hidrometeorológica, foram consultados valores de projetos semelhantes.

No Quadro 35 está apresentado o levantamento dos custos.

Quadro 35 - Custos de instalação de estações hidrometeorológicas

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
TOTAL				R\$ 410.000,00
TOTAL COM BDI				R\$ 525.661,00

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Considerou-se os custos de instalação em campo, aquisição de equipamentos, testes comissionamento.

3.6.9 Orçamento para Regularização e Fiscalização de Outorgas

Os custos de implantação da estrutura básica para desenvolver as atividades de fiscalização e controle do uso da água, dentro da Política de Gestão de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Gravataí foram estimados em **R\$ 9.180.000,00**.

Adotados nas alternativas, que englobam os sistemas e necessidades principais, constituídos, basicamente, pelo conjunto de instrumentos e equipamentos a serem adquiridos e de superestrutura para implantação do sistema. Os principais itens que compõem este custo inicial são os apresentados no Quadro 36.

Quadro 36 - Custos de implantação da estrutura básica de controle do uso da água

Item	Descrição	Quantidade	Unidade	Valor
1	Caminhonetes	5	unid.	750.000,00
2	Treinamento	10	funcionários	300.000,00
3	Compra sala de fiscalização	1	unid.	2.000.000,00
4	Mobilização inicial de cadastramento das retiradas na bacia	1	ano	1.000.000,00
5	Drone	2	unid.	100.000,00
6	Contratação de consultoria para definição das demandas ambientais do banhado e da vazão remanescente para a otimização dos usos na bacia	1	unid.	3.000.000,00
7	Monitoramento a montante do Banhado	2	estações	500.000,00
8	Outros acessórios	-	-	1.530.000,00
	Total			9.180.000,00

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.6.10 Resumo

No Quadro 37 a seguir é apresentado um resumo dos custos das intervenções propostas.

Quadro 37 - 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\$ 4.296.997,94
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
4	Política de Gestão de Recursos Hídricos					R\$ 9.180.000,00
4.1	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

3.7 Fluxo de Caixa das Soluções Consolidadas

A elaboração do Fluxo de caixa tem por objetivo a determinação do Valor Presente Líquido (VPL) - que é apurado descontando-se a série de saldos de cada período de projeção através de uma taxa de juros, neste estudo definida como 12,0% dos investimentos a serem realizados na implementação das soluções consolidadas, assim como dos custos de operação e manutenção.

O fluxo de caixa pode ser organizado em três categorias: Fluxo de Caixa Operacional, Fluxo de Caixa dos Investimentos e Fluxo de Caixa Financeiro. No caso presente é aplicado de forma direta o Fluxo de Caixa dos Investimentos.

No Quadro 38 apresentam-se a alternativa consolidada que considera as soluções por diques e a solução em conjunto que compreende os investimentos em desapropriações, revitalização da área com parques e sistema de alerta.

Quadro 38 - 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

4 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 externalidades da construção dos polderes, foram avaliadas no quesito aumento da lâmina d'água e da área de inundação com a implantação dos diques em comparação ao cenário sem a estrutura, conforme relatado no PRODUTO 12.

O incremento de lâmina d'água foi limitado a 30 cm em comparação ao cenário base para que nenhuma região fosse preterida para a resolução de problemas de outra.

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.

Recomenda-se a realização de estudos mais aprofundados das consequências ambientais da implementação de tais obras, anteriormente à sua execução. Recomenda-se também 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 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 com dados de entrada 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.

O Plano de Ação, PRODUTO 16, apresentará a ordem de prioridade e a cronologia que deverão seguir as obras para que se obtenham os resultados mais satisfatórios da solução a ser consolidada.

A partir dos orçamentos realizados para cada intervenção, e da avaliação econômica dos prejuízos evitados se poderão avaliar o benefício gerado e a contrapartida.

No Plano de Ação também serão recomendados os estudos subsequentes a este, nas etapas de projeto básico e executivo.

5 ANEXOS

A seguir são apresentados os anexos que complementam o presente relatório. 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 eventos de cheias devido a chuvas de diferentes tempos de retorno, adotando o módulo hidrológico HEC-HMS em conjunto com o modelo com o módulo hidráulico HEC-RAS.

Para a realização dessas simulações foi necessária a definição de diversos parâmetros de entrada dos modelos. Inicialmente foi necessário subdividir a bacia em diferentes sub-bacias. A Figura 27 e a Figura 28 apresentam os mapas da nomenclatura dos elementos hidrológicos simulados no modelo (sub-bacias e trechos) respectivamente.

Os principais parâmetros de entrada dos modelos por sub-bacias são o uso do solo e o grau de impermeabilidade. Para retratar a modificação no uso do solo e no grau de impermeabilidade do solo causado devido à expansão da área urbana, foi necessário atribuir valores para o coeficiente CN e para as taxas de impermeabilização de cada uma das 64 sub-bacias adotadas no modelo hidrológico considerando a expansão urbana projetada.

O Quadro 39 mostra em tabelas os valores de CN e das taxas de impermeabilização estimados para a ocupação tendencial. Já a Figura 29 mostra em mapa a espacialização do coeficiente CN final adotado sub-bacia e a Figura 30 mostra o mapa da impermeabilização adotada por sub-bacia, respectivamente.

Como resultados das simulações hidrológicas das cheias, foram geradas diferentes vazões para cada trecho simulado. O Quadro 40 e o Quadro 41 apresentam os resultados para o Cenário Tendencial das vazões para os diversos tempos de retorno analisados por sub-bacia e por trecho respectivamente.

A Figura 31 à Figura 35 apresentam os mapas com a informação das vazões de cheia do Cenário Tendencial. 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.

Em relação aos resultados das simulações históricas, visando a avaliação das estiagens na bacia, foram gerados os percentis de vazão anual e mensal para o cenário tendencial (sem obras no banhado). A apresentação dos percentis de vazão anual do para o cenário tendencial são feitas no Quadro 42.

Os resultados do percentil 90% e 85% mensal do cenário tendencial são apresentados no Quadro 43 e no Quadro 44 respectivamente.

A espacialização dos resultados hidrológicos do cenário tendencial (sem obras no banhado) são apresentados na Figura 36 à Figura 39, exibindo as vazões com permanência de 85%, 90%, 95% e 99% no tempo respectivamente.

No cenário com obras no banhado, foi necessária a realização de novas simulações hidrológicas devido à inclusão dos minibarramentos na região, alterando o balanço hídrico do modelo. Portanto os resultados do modelo hidrológico são diferentes dos obtidos no cenário tendencial.

A apresentação dos percentis de vazão anual do para o cenário tendencial com obras no banhado são feitas no Quadro 45.

Portanto, os resultados do percentil 90% e 85% mensal do cenário com as obras no Banhado são apresentados no Quadro 46 e no Quadro 47 respectivamente. A espacialização de tais resultados é apresentada na Figura 40 à Figura 43, exibindo as vazões com permanência de 85%, 90%, 95% e 99% no tempo respectivamente.

A área de escopo da modelagem hidrodinâmica é apresentada na Figura 44. Já os dados planialtimétricos utilizados são apresentados na Figura 45 e o coeficiente de rugosidade de Manning na Figura 46.

Os mapas dos resultados das simulações hidrodinâmicas são apresentados na Figura 47 (Articulação dos Mapas), na Figura 48 à Figura 52 (Geral) e, por fim, na Figura 53 à Figura 63 (Detalhes).

Os resultados da comparação da elevação dos níveis d'água e expansão da área de inundação para o TR 100 entre os cenários tendencial e consolidado são apresentados na Figura 64 (Articulação dos Mapas), na Figura 65 (Geral) e, por fim, na Figura 66 à Figura 74 (Detalhes).

Os resultados de zoneamento definem as regras para a ocupação das áreas com risco de inundação. Os resultados utilizando os critérios adotados são apresentados na Figura 75 (Articulação dos Mapas), na Figura 76 (Geral) e, por fim, na Figura 77 à Figura 85 (Detalhes).

Os Anteprojetos das obras propostas são expostos dos anexos 5.8.1 ao 5.8.7.

A seguir a relação de figuras e quadros expostos no presente relatório relativos aos anexos das intervenções consolidadas:

Quadros

- Quadro 39 - Parâmetros Hidrológicos CN e % impermeável
- Quadro 40 - Vazões de Cheia para TR5, 10, 25, 50 e 100 anos nas sub-bacias no cenário tendencial
- Quadro 41 - Vazões de Cheia para TR5, 10, 25, 50 e 100 anos nos trechos no cenário tendencial
- Quadro 42 - Percentis de vazão anual para o no cenário tendencial (sem obras no banhado)
- Quadro 43 - Cenário tendencial (sem obras no banhado) - Vazão Q90% Mensal por sub-bacia
- Quadro 44 - Cenário tendencial (sem obras no banhado) - Vazão Q85% Mensal por sub-bacia
- Quadro 45 - Percentis de vazão anual para o cenário com obras no banhado
- Quadro 46 - Cenário consolidado com obras no banhado - Vazão Q90% Mensal por sub-bacia
- Quadro 47 - Cenário consolidado com obras no banhado - Vazão Q85% Mensal por sub-bacia

Figuras

- Figura 27 - Nomenclatura dos componentes hidrológicos utilizados no modelo: bacias
- Figura 28 - Nomenclatura dos componentes hidrológicos utilizados no modelo: trechos
- Figura 29 - Classificação do coeficiente CN para as sub-bacias do modelo
- Figura 30 - Percentual de impermeabilização na bacia do Gravataí
- Figura 31 - Vazões com TR 5 anos
- Figura 32 - Vazões com TR 10 anos
- Figura 33 - Vazões com TR 25 anos
- Figura 34 - Vazões com TR 50 anos
- Figura 35 - Vazões com TR 100 anos
- Figura 36 - Vazão Q85% (sem obras no banhado)
- Figura 37 - Vazão Q90% (sem obras no banhado)

- Figura 38 - Vazão Q95% (sem obras no banhado)
- Figura 39 - Vazão Q99% (sem obras no banhado)
- Figura 40 - Vazão Q85% (com obras no banhado)
- Figura 41 - Vazão Q90% (com obras no banhado)
- Figura 42 - Vazão Q95% (com obras no banhado)
- Figura 43 - Vazão Q99% (com obras no banhado)
- Figura 44 - Escopo da área de modelagem hidrodinâmica
- Figura 45 - Dados planialtimétricos utilizados
- Figura 46 - Coeficiente de Rugosidade de Manning
- Figura 47 - Articulação dos Mapas de Inundação
- Figura 48 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 5 anos - situação geral
- Figura 49 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 10 anos - situação geral
- Figura 50 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 25 anos - situação geral
- Figura 51 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 50 anos - situação geral
- Figura 52 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 100 anos - situação geral
- Figura 53 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 1
- Figura 54 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 2
- Figura 55 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 3
- Figura 56 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 4
- Figura 57 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 5
- Figura 58 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 6
- Figura 59 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 7
- Figura 60 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 8
- Figura 61 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 9
- Figura 62 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 10
- Figura 63 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 11
- Figura 64 - Articulação dos Mapas de Diferenças
- Figura 65 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Gravataí
- Figura 66 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Área 1
- Figura 67 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Área 2
- Figura 68 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Área 3
- Figura 69 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Área 4
- Figura 70 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Área 5
- Figura 71 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Área 6
- Figura 72 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Área 7
- Figura 73 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Área 8
- Figura 74 - Diferenças do nível d'água entre os cenários tendencial e consolidado - Área 9
- Figura 75 - Articulação dos Mapas de Zoneamento
- Figura 76 - Zoneamento - Rio Gravataí - Situação Geral
- Figura 77 - Zoneamento consolidado - Detalhe Área 1
- Figura 78 - Zoneamento consolidado - Detalhe Área 2
- Figura 79 - Zoneamento consolidado - Detalhe Área 3
- Figura 80 - Zoneamento consolidado - Detalhe Área 4
- Figura 81 - Zoneamento consolidado - Detalhe Área 5
- Figura 82 - Zoneamento consolidado - Detalhe Área 6
- Figura 83 - Zoneamento consolidado - Detalhe Área 7
- Figura 84 - Zoneamento consolidado - Detalhe Área 8
- Figura 85 - Zoneamento consolidado - Detalhe Área 9
- Figura 86 - Mapa de Perigo
- Figura 87 - Localização das intervenções consolidadas - Planta Baixa 1/1
- Figura 88 - Dique Porto Alegre - Vila Dique - Planta Baixa 1/1
- Figura 89 - Dique Porto Alegre - Vila Dique - Seção-tipo 1/1

- Figura 90 - Dique Porto Alegre - Vila Dique - Esquema gráfico volumes e áreas 1/1
- Figura 91 - Dique Porto Alegre - Sarandi Oeste - Planta Baixa 1/1
- Figura 92 - Dique Porto Alegre - Sarandi Oeste - Seção-tipo 1/1
- Figura 93 - Dique Porto Alegre - Sarandi Oeste - Esquema gráfico volumes e áreas 1/1
- Figura 94 - Dique Porto Alegre - Sarandi Leste - Planta Baixa 1/1
- Figura 95 - Dique Porto Alegre - Sarandi Leste - Seção-tipo 1/1
- Figura 96 - Dique Porto Alegre - Sarandi Leste - Esquema gráfico volumes e áreas 1/1
- Figura 97 - Dique Cachoeirinha - Planta Baixa 1/1
- Figura 98 - Dique Cachoeirinha - Seção-tipo 1/1
- Figura 99 - Dique Cachoeirinha - Esquema gráfico volumes e áreas 1/1
- Figura 100 - Dique Gravataí - Planta Baixa 1/1
- Figura 101 - Dique Gravataí - Seção-tipo 1/1
- Figura 102 - Dique Gravataí - Esquema gráfico volumes e áreas 1/1
- Figura 103 - Banhado Grande - Planta Baixa - Localização dos Barramentos Galgáveis 1/2
- Figura 104 - Banhado Grande - Planta Baixa - Localização dos Barramentos Galgáveis 2/2;
- Figura 105 - Banhado Grande - Seções Transversais 1/5;
- Figura 106 - Banhado Grande - Seções Transversais 2/5;
- Figura 107 - Banhado Grande - Seções Transversais 3/5;
- Figura 108 - Banhado Grande - Seções Transversais 4/5;
- Figura 109 - Banhado Grande - Seções Transversais 5/5;
- Figura 110 - Banhado Grande - Seção-tipo 1/1.
- Figura 111 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 1/9.
- Figura 112 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 2/9.
- Figura 113 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 3/9.
- Figura 114 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 4/9.
- Figura 115 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 5/9.
- Figura 116 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 6/9.
- Figura 117 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 7/9.
- Figura 118 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 8/9.
- Figura 119 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 9/9.

5.1 Resultados Hidrológicos para o Cenário Tendencial (sem obras no banhado)

Quadro 39 - Parâmetros Hidrológicos CN e % impermeável

Sub-Bacias	CN	% Imperm.	Sub-Bacias	CN	% Imperm.
MAG01	68	0%	MMG10	75	0%
MAG02	78	1%	MMG11	86	1%
MAG03	77	0%	MMG12	91	0%
MAG04	76	0%	MMG13	72	0%
MAG05	70	0%	MMG14	71	0%
MAG06	75	0%	MMG15	73	0%
MAG07	69	0%	MMG16	69	0%
MAG08	69	0%	MMG17	81	1%
MAG09	76	0%	MMG18	92	7%
MAG10	76	2%	MMG19	74	1%
MAG11	73	0%	MMG20	88	3%
MAG12	75	0%			
MAG13	90	0%			
MBG01	94	1%			
MBG02	93	20%			
MBG03	94	1%			
MBG04	92	19%			
MBG05	94	1%			
MBG06	90	19%			
MBG07	92	3%			
MBG08	92	7%			
MBG09	93	11%			
MBG10	86	1%			
MBG11	94	29%			
MBG12	89	24%			
MBG13	94	28%			
MBG14	94	34%			
MBG15	92	17%			
MBG16	92	12%			
MBG17	92	17%			
MBG18	94	35%			
MBG19	94	14%			
MBG20	85	3%			
MBG21	94	13%			
MBG22	94	13%			
MBG23	94	43%			
MBG24	94	33%			
MBG25	94	40%			
MBG26	82	1%			
MBG27	95	7%			
MBG28	94	35%			
MBG29	94	46%			
MBG30	94	26%			
MBG31	92	8%			
MMG01	75	0%			
MMG02	74	0%			
MMG03	74	0%			
MMG04	79	1%			
MMG05	77	0%			
MMG06	69	0%			
MMG07	70	0%			
MMG08	87	5%			
MMG09	68	0%			

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 40 - Vazões de Cheia para TR5, 10, 25, 50 e 100 anos nas sub-bacias no cenário tendencial

Sub-bacias	TR 5	TR 10	TR 25	TR 50	TR 100
MAG01	9,7	9,7	9,8	9,8	9,8
MAG02	29,3	37,4	49,1	58,8	69,2
MAG03	16,2	21,4	29,0	35,3	42,1
MAG04	4,8	7,2	10,7	13,5	16,5
MAG05	8,0	8,0	8,0	8,0	12,7
MAG06	2,1	2,8	3,1	4,6	6,3
MAG07	10,0	10,4	11,0	11,5	12,0
MAG08	10,8	11,2	11,7	12,2	12,7
MAG09	9,5	10,0	10,8	11,3	12,6
MAG10	6,7	7,0	7,4	8,4	9,9
MAG11	3,5	3,6	2,8	2,9	5,3
MAG12	3,7	3,7	3,7	4,3	5,4
MAG13	-	-	-	-	-
MBG01	3,7	3,9	4,5	4,9	5,4
MBG02	8,8	9,6	10,8	11,7	12,8
MBG03	8,1	8,9	10,1	11,0	12,1
MBG04	4,4	4,9	5,5	6,1	6,7
MBG05	22,0	23,5	26,4	28,7	31,3
MBG06	8,8	9,7	11,0	12,1	13,2
MBG07	23,4	25,6	28,7	31,4	34,2
MBG08	36,7	40,2	45,2	49,2	53,7
MBG09	26,6	29,1	32,8	35,8	39,0
MBG10	43,5	49,4	57,8	64,8	72,3
MBG11	39,6	43,1	48,1	52,3	56,8
MBG12	24,8	27,3	31,0	34,0	37,3
MBG13	18,3	19,8	22,1	24,0	26,0
MBG14	25,6	27,8	30,9	33,4	36,2
MBG15	34,9	38,4	43,3	47,4	51,8
MBG16	20,6	22,7	25,7	28,2	30,9
MBG17	16,4	17,9	20,1	21,9	23,9
MBG18	18,3	19,8	22,1	23,9	25,9
MBG19	9,1	9,9	11,0	12,0	13,0
MBG20	16,0	17,9	20,7	23,0	25,5
MBG21	52,3	57,1	64,1	69,8	76,0
MBG22	9,6	10,5	11,7	12,7	13,8
MBG23	23,1	25,1	27,9	30,3	32,8
MBG24	22,2	24,1	26,8	29,0	31,5
MBG25	28,7	31,2	34,8	37,7	40,9
MBG26	21,4	29,8	45,3	58,9	73,8
MBG27	49,2	55,6	64,8	72,4	80,6
MBG28	144,5	160,6	183,8	203,0	223,6
MBG29	16,0	17,5	19,8	21,7	23,7
MBG30	39,5	43,4	49,0	53,6	58,5
MBG31	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
MMG01	19,8	21,0	22,2	22,2	22,2
MMG02	36,0	38,3	41,5	43,1	43,4
MMG03	38,5	40,9	44,3	45,7	45,9
MMG04	43,7	46,1	46,5	46,6	46,6
MMG05	18,5	19,6	20,1	20,2	20,2
MMG06	45,7	48,6	52,8	56,3	59,7
MMG07	21,9	23,2	25,2	26,9	28,4
MMG08	28,0	32,5	38,3	41,0	42,6
MMG09	35,6	37,8	41,1	43,7	46,6
MMG10	10,3	11,0	11,6	11,7	11,7
MMG11	5,9	6,9	8,3	9,5	10,8
MMG12	4,4	5,0	5,8	6,1	6,1

Sub-bacias	TR 5	TR 10	TR 25	TR 50	TR 100
MMG13	16,9	17,8	19,1	20,2	20,5
MMG14	13,8	14,6	15,7	16,5	17,3
MMG15	4,7	5,0	5,3	5,6	5,9
MMG16	7,8	8,2	8,8	9,3	9,8
MMG17	20,4	21,5	22,6	24,2	26,0
MMG18	14,4	16,5	18,6	19,5	22,0
MMG19	26,5	28,5	29,7	29,8	29,8
MMG20	14,8	15,5	17,6	19,4	21,3

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 41 - Vazões de Cheia para TR5, 10, 25, 50 e 100 anos nos trechos no cenário tendencial

Trecho	TR 5	TR 10	TR 25	TR 50	TR 100
RG00	298	315	324	325	326
RG01	298	315	324	325	325
RG02	352	372	386	387	387
RG03	387	409	426	428	428
RG04	410	432	450	451	451
RG05	468	494	517	521	521
RG06	526	555	583	589	593
RG07	533	563	591	598	601
RG08	545	576	606	614	619
RG09	549	581	611	620	625
RG10	621	656	692	705	715
RG11	621	657	692	705	715
RG12	623	659	695	708	718
RG13	625	661	697	711	721
RG14	634	671	709	723	734
RG15	637	674	712	727	738
RG16	680	722	767	787	803
RG16B	690	732	779	800	817
RG17	725	772	824	849	871
RG17B	738	785	840	866	889
RG18	769	820	879	909	965
RG19	778	831	892	944	1005
RG20	779	831	892	945	1007
RG21	817	874	956	1023	1092
RG22	864	925	1013	1085	1159
RG23	866	928	1016	1088	1162
RG24	870	932	1020	1093	1168
RG25	875	937	1026	1100	1175

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 42 - Percentis de vazão anual no cenário tendencial (sem obras no banhado)

Sub-bacias	Q50%	Q85%	Q90%	Q95%	Q99%
MAG01	0,083	0,009	0,005	0,002	0,001
MAG02	0,184	0,022	0,012	0,004	0,001
MAG03	0,090	0,009	0,005	0,002	0,001
MAG04	0,041	0,004	0,002	0,001	0,001
MAG05	0,052	0,005	0,002	0,001	0,001
MAG06	0,013	0,001	0,001	0,001	0,001
MAG07	0,403	0,151	0,129	0,105	0,068
MAG08	0,377	0,174	0,153	0,127	0,085
MAG09	0,243	0,110	0,096	0,079	0,051
MAG10	0,186	0,087	0,077	0,065	0,044
MAG11	0,021	0,002	0,001	0,001	0,001
MAG12	0,666	0,459	0,424	0,360	0,266
MAG13	0,146	0,034	0,026	0,019	0,010
MBG01	1,102	0,747	0,685	0,589	0,452
MBG02	0,024	0,016	0,015	0,013	0,008
MBG03	0,074	0,050	0,046	0,040	0,026
MBG04	0,253	0,170	0,156	0,135	0,089
MBG05	0,339	0,229	0,210	0,180	0,121
MBG06	0,513	0,352	0,323	0,285	0,221
MBG07	0,263	0,180	0,165	0,144	0,112
MBG08	0,220	0,148	0,135	0,117	0,078
MBG09	0,177	0,119	0,109	0,094	0,062
MBG10	0,019	0,013	0,012	0,010	0,007
MBG11	0,755	0,499	0,452	0,387	0,279
MBG12	1,441	0,975	0,893	0,762	0,561
MBG13	1,545	1,049	0,967	0,828	0,632
MBG14	1,843	1,252	1,159	0,997	0,751
MBG15	0,742	0,505	0,467	0,400	0,299
MBG16	1,814	1,244	1,148	0,996	0,672
MBG17	0,864	0,589	0,544	0,475	0,321
MBG18	1,016	0,693	0,641	0,559	0,379
MBG19	1,395	0,960	0,886	0,775	0,526
MBG20	0,408	0,274	0,250	0,213	0,156
MBG21	0,119	0,081	0,075	0,064	0,047
MBG22	0,152	0,104	0,096	0,084	0,058
MBG23	0,513	0,212	0,156	0,091	0,018
MBG24	0,387	0,179	0,133	0,076	0,017
MBG25	0,141	0,065	0,048	0,028	0,006
MBG26	0,223	0,102	0,077	0,043	0,010
MBG27	0,585	0,270	0,200	0,114	0,025
MBG28	0,743	0,502	0,460	0,397	0,296
MBG29	0,526	0,351	0,320	0,277	0,184
MBG30	0,283	0,189	0,173	0,149	0,099
MBG31	0,215	0,144	0,132	0,114	0,075
MMG01	0,211	0,142	0,130	0,112	0,073
MMG02	0,130	0,087	0,079	0,068	0,045
MMG03	0,340	0,229	0,210	0,184	0,142
MMG04	1,073	0,745	0,689	0,589	0,427
MMG05	0,344	0,231	0,212	0,182	0,135
MMG06	0,084	0,055	0,051	0,044	0,029
MMG07	0,030	0,020	0,018	0,015	0,010
MMG08	0,106	0,071	0,065	0,055	0,037
MMG09	0,371	0,247	0,226	0,196	0,152
MMG10	0,298	0,198	0,180	0,157	0,105

Sub-bacias	Q50%	Q85%	Q90%	Q95%	Q99%
MMG11	0,376	0,247	0,225	0,195	0,130
MMG12	0,151	0,100	0,092	0,079	0,052
MMG13	0,192	0,128	0,117	0,101	0,067
MMG14	0,262	0,172	0,158	0,136	0,090
MMG15	0,314	0,204	0,186	0,161	0,106
MMG16	0,204	0,135	0,123	0,106	0,070
MMG17	0,241	0,158	0,144	0,125	0,082
MMG18	0,187	0,120	0,109	0,095	0,063
MMG19	0,219	0,143	0,130	0,113	0,074
MMG20	0,483	0,316	0,288	0,246	0,164

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí