



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
Secretaria de Obras Públicas, Irrigação e Desenvolvimento Urbano
Central de Compras do Estado – CECOM/RS

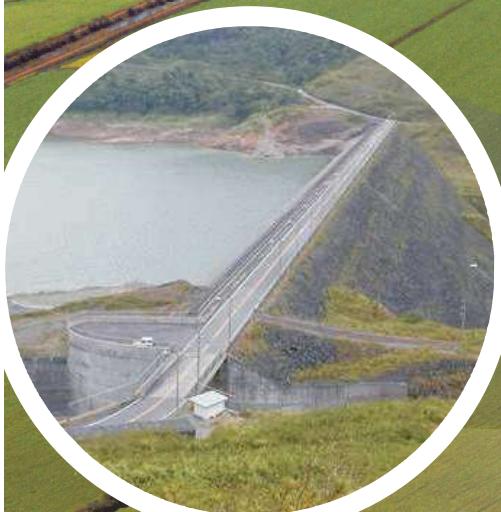


1529-R-EST-VBD-06-00
RELATÓRIO TÉCNICO FINAL
PROPOSTA DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO CONSOLIDADO
PARA O SISTEMA INTEGRADO DE USOS MÚLTIPLOS
DA BARRAGEM DO ARROIO TAQUAREMBÓ

Consórcio:



Abril/2013





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS, IRRIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO URBANO

Concorrência nº 111/CECOM/2012
Processo Administrativo 3526-22.00/11-5
Temo de Contrato nº 61/2012 - PS

**AVALIAÇÃO E REVISÃO DO PROJETO BÁSICO,
DENOMINADO FASE I, DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DA
BARRAGEM DO ARROIO TAQUAREMBÓ**

**1529-R-EST-VBD-06-00
RELATÓRIO TÉCNICO FINAL**



ABRIL/2013



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó

**RELATÓRIO TÉCNICO FINAL****QUADRO DE CODIFICAÇÃO DO RELATÓRIO**

Código do Documento:	1529-R-EST-VBD-06-00
Título do Relatório:	Relatório Técnico Final
Aprovação Inicial por:	Daniel I. Bolsoni / Edgar H. Candia
Data da Aprovação Inicial:	05/04/2013

Controle de Revisões

Revisão n°:	Natureza	Aprovação		
		Data	Nome	Rubrica



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó

**RELATÓRIO TÉCNICO FINAL****SUMÁRIO**

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 AVALIAÇÃO TÉCNICA DO PROJETO BÁSICO COM VISTAS AO ATENDIMENTO DO SISTEMA ALTERNATIVO	7
2.1 PROJETO BÁSICO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DA BARRAGEM DO TAQUAREMBÓ (STE, JUNHO/2010)	7
2.2 PROPOSTA DA AUSM PARA O SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DA BARRAGEM DO ARROIO TAQUAREMBÓ.....	16
2.3 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O PROJETO BÁSICO E A PROPOSTA AUSM.....	24
2.4 AVALIAÇÃO DO PROJETO BÁSICO – ATENDIMENTO DO TRAÇADO DOS CANAIS DA PROPOSTA ALTERNATIVA DA AUSM	26
2.5 AVALIAÇÃO DO PROJETO BÁSICO - ATENDIMENTO ÀS DEMANDAS HÍDRICAS DA PROPOSTA ALTERNATIVA DA AUSM	27
3 PROPOSTA DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO CONSOLIDADO PARA O SISTEMA INTEGRADO DE USOS MÚLTIPLOS DA BARRAGEM DO ARROIO TAQUAREMBÓ	28
3.1 PREMISSAS BÁSICAS PARA CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE CANAIS.....	28
3.2 DEFINIÇÃO DAS ÁREAS POTENCIALMENTE IRRIGÁVEIS	30
3.3 TRAÇADO DOS CANAIS	31
3.4 AVALIAÇÃO DO ATENDIMENTO DA DEMANDA HÍDRICA	38
3.5 CENÁRIOS ALTERNATIVOS PROPOSTOS	46
3.6 DIMENSIONAMENTO DOS CANAIS	56
3.7 OBRAS COMPLEMENTARES	73
4 ANÁLISE DE VIABILIDADE	75
4.1 CONDIÇÕES AMBIENTAIS ADICIONAIS ÀS LICENÇAS VIGENTES	75
4.2 FORMAS DE ATENDIMENTO (GESTÃO) DAS DEMANDAS	77
4.3 INVESTIMENTOS NOS CANAIS	85
4.4 AVALIAÇÃO ECONÔMICA	93
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	100



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

1

Introdução

1 INTRODUÇÃO

O Governo do Estado do Rio Grande do Sul, através da então Secretaria Extraordinária de Irrigação e Usos Múltiplos da Água iniciou, em março de 2009, a construção de duas barragens de acumulação de água para irrigação, na região da Campanha do Estado do Rio Grande do Sul: Barragem do Arroio Jaguari (entre os municípios de Lavras do Sul, Rosário do Sul e São Gabriel) e Barragem do Arroio Taquarembó (entre os municípios de Dom Pedrito e Lavras do Sul).

As duas barragens, em fase final de construção, propiciam domínio topográfico na área beneficiada que deverá ser atendida através de sistemas de canais de distribuição de água por gravidade. A construção dos canais permitirá a irrigação de arroz, pastagens, soja, milho e fruticultura.

Em 2009 e 2010 foram elaborados os projetos básicos dos canais principais dos sistemas de distribuição de águas das duas barragens. Através de documento entregue em novembro de 2012, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria, encaminhou ao Governo do Estado uma proposta, elaborada pela Associação dos Usuários da água da Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria (AUSM), para expansão do sistema de distribuição de água das barragens dos arroios Jaguari e Taquarembó, envolvendo o aumento da extensão do canal principal (com projeto básico já elaborado), construção de canal na margem esquerda do rio Santa Maria e na margem direita do arroio Taquarembó.

Em atendimento às demandas da comunidade local, a Secretaria de Obras Públicas, Irrigação e Desenvolvimento Urbano do Estado do Rio Grande do Sul lançou, em 2012, dois editais para estabelecer normas, critérios, principais condições contratuais e fornecer informações que permitam a elaboração e a apresentação de propostas e, posteriormente, a celebração de contrato, para efetuar avaliação e revisão do Projeto Básico, denominado de FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do Arroio Jaguari, e do Projeto Básico, denominado de FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do Arroio Taquarembó, incluindo Estudo de Viabilidade da proposta



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

elaborada pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria para inserção no Projeto Básico já elaborado.

O presente documento consubstancia o Relatório Técnico Final, relativo aos serviços de Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do Arroio Taquarembó.

Inicialmente, é apresentado a avaliação técnica da capacidade do Projeto Básico disponível do sistema de distribuição da barragem do arroio Taquarembó (STE, junho/2010), quanto ao atendimento das novas demandas propostas pelo Sistema Alternativo apresentado pela AUSM, incluindo uma descrição das características principais do Projeto Básico e do Sistema Alternativo proposto pela AUSM.

Na sequência, é apresentada a Proposta de Sistema de Irrigação Consolidado para o Sistema Integrado de Usos Múltiplos da Barragem do Arroio Taquarembó, seguida pela Análise de Viabilidade do Sistema Proposto.

Por fim, são destacados os elementos mais importantes da análise, no item de Considerações Finais.

Devido às similaridades dos projetos de Taquarembó e Jaguari ambos os estudos estão sendo desenvolvidos em sintonia pelas equipes de projeto conforme acordo com os técnicos da SOP (Secretaria de Obras Públicas), AUSM (Associação dos Usuários da Água da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria) e consultores dos consórcios STE-Magna e Bourscheid-Ecoplan.



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

2 *Avaliação Técnica*

2 AVALIAÇÃO TÉCNICA DO PROJETO BÁSICO COM VISTAS AO ATENDIMENTO DO SISTEMA ALTERNATIVO

O Projeto Básico do Sistema de Distribuição da Barragem do Arroio Taquarembó (STE, 2001) foi avaliado tecnicamente com o objetivo de averiguar sua capacidade de atender adequadamente às novas demandas propostas pelo Sistema Alternativo apresentado pela AUSM, incluindo aspectos do traçado dos canais e do atendimento das demandas hídricas para irrigação.

2.1 PROJETO BÁSICO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DA BARRAGEM DO TAQUAREMBÓ (STE, JUNHO/2010)

2.1.1 Características principais do sistema

O projeto básico do sistema de distribuição de água da barragem do Arroio Taquarembó disponível para análise foi efetuado pela empresa STE – Serviços Técnicos de Engenharia SA, em junho de 2010. Este Projeto Básico é composto por 5 (cinco) volumes que contém estudos hidrológicos, estudos topográficos, geológicos e geotécnicos, memorial de dimensionamento hidráulico-mecânico, especificações técnicas, quantitativos e orçamento.

O projeto básico em análise contempla o canal principal pela margem esquerda da barragem do Arroio Taquarembó, com extensão total de 38.772 m em seção aberta e 11.000 m em adutora.

A vazão no canal foi definida em função da demanda de irrigação (13,664 m³/s) e do abastecimento público (190L/s) à cidade de D. Pedrito, resultando em uma demanda anual de 128.000.000 m³. Estes volumes buscam atender aos usos múltiplos identificados e quantificados na bacia, com destaque para o abastecimento humano, irrigação das várzeas do arroio Taquarembó e controle de cheias, além da garantia da vazão remanescente para atendimento ao equilíbrio ambiental do ecossistema na região.

A concepção adotada para o sistema constitui-se de uma fonte de suprimento hídrico, a Barragem do arroio Taquarembó e um canal de condução/distribuição de



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

água que se desenvolve pela margem esquerda do manancial, atendendo as seguintes diretrizes básicas:

- Atendimento da área de irrigação em seu trecho inicial por disponibilização de vazão regularizada disponibilizada diretamente no arroio;
- Aumento da capacidade efetiva de atendimento através de maior domínio topográfico com lançamento da vazão regularizada na cota 139 m, início do canal de distribuição;
- Garantia da captação e a condução por gravidade da água pelo sistema de canais com o mínimo de perda de carga até a cidade de Dom Pedrito.

Segundo o projeto básico, o sistema de distribuição tem como suprimento hídrico a barragem do Arroio Taquarembó, cujo reservatório permitirá a regularização máxima de 13,66 m³/s, sendo 9,91 m³/s lançados em canal gravitário, através de estruturas de adução localizadas no reservatório da barragem (canal de aproximação, tomada d'água, canal de fuga) e canal de distribuição, e 3,75 m³/s lançados diretamente no arroio Taquarembó, através de estrutura de descarga localizada no maciço da barragem.

Inicialmente, no projeto básico, apresentou-se um layout das obras onde a vazão de demanda era atendida unicamente por uma tomada de água junto a própria barragem de acumulação no rio Taquarembó. Com o aprofundamento dos estudos, ficou acordado que essa solução poderia ser readequada de maneira a minimizar os custos do canal de adução localizado a jusante da barragem, que teria longo trecho escavado em rocha.

As condicionantes topográficas confirmaram a possibilidade de realizar uma segunda tomada de água em um dos pontos de fugas existentes no desenvolvimento do lago na sua porção oeste. A solução preconizada para essa tomada de água é a construção de um túnel, finalizando numa outra bacia de acumulação e posterior derivação para o canal de adução para alimentar as áreas previstas para irrigação de pelos menos 12.500 ha. Os recursos hídricos necessários para suprir os demais 4.200ha necessários, posicionados logo a jusante da barragem são fornecidos por uma tomada de água e descarregador de fundo. A tomada d'água foi dimensionada para atender à maior vazão mensal para atendimento das demandas, adicionada à vazão ecológica e à vazão demandada para abastecimento público da cidade de Dom Pedrito. Optou-se por localizá-la na porção oposta da posição inicialmente prevista no



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

projeto básico da barragem de maneira a proporcionar maior facilidade no processo construtivo das obras. Também foi prevista uma tubulação localizada no pé da barragem posicionada junto ao leito do rio (descarregador de fundo), com o intuito de facilitar o procedimento de fechamento das adufas de desvio do rio.

A Figura 1, a seguir, apresenta o arranjo geral do sistema proposto do projeto básico em análise.



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

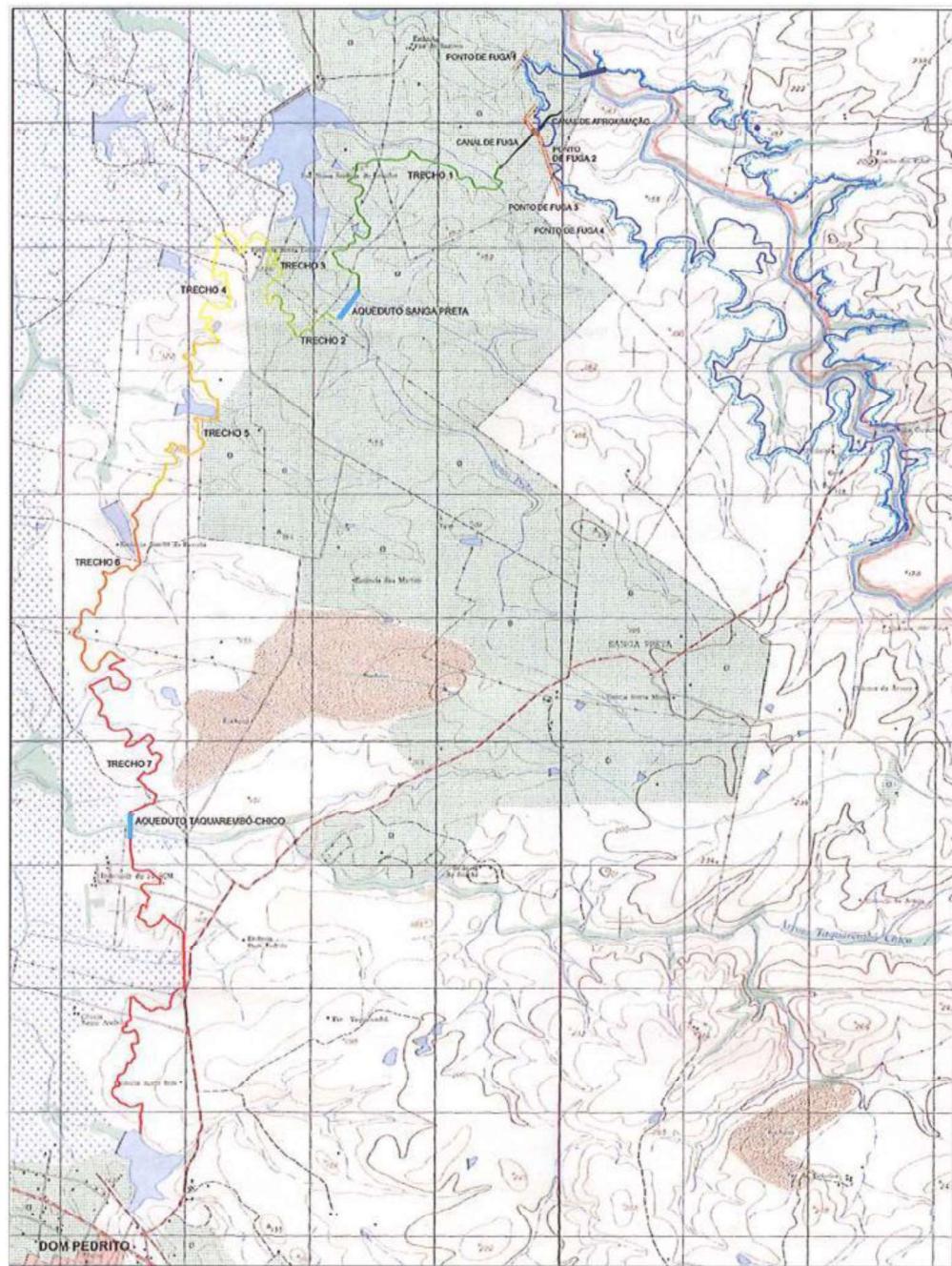


Figura 1. Projeto Básico do Sistema de Distribuição da Barragem do Arroio Taquarembó -
Arranjo Geral do Sistema.



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

2.1.2 Ficha técnica do projeto básico em análise

LOCALIZAÇÃO:

Rio:	Taquarembó
Bacia:	Santa Maria
Sub-bacia	Taquarembó
Municípios:	Dom Pedrito
	Lavras
Coordenadas do Eixo: UTM SAD 69 FUSO 21	Margem Esquerda: (730.274;6.590.821) Margem Direita: (730.590;6.590.899) Ombreira Esquerda: (730.274;6.590.821) Ombreira Direita: (730.590;6.590.899)

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA BARRAGEM:

Tipo de Maciço:	Concreto Compactado a Rolo
Comprimento da Crista:	382 m
Largura da Crista:	5 m
Cota de Coroamento (CC):	161,00 m
Altura Máxima Considerando a Fundação:	34 m

PONTOS DE FUGA:

Tipo de Maciço:	Terra
Comprimento Total:	~ 2000 m
Largura da Crista:	7 m
Cota de Coroamento:	162,10 m
Número de Pontos de Fuga:	4

DADOS HIDROLÓGICOS:

Área de Drenagem da Bacia da Barragem:	638 km ²
Vazão Média Mensal de Longo Término:	14,62 m ³ /s
Vazão de Desvio (Tr = 10 anos):	875,66 m ³ /s
Vazão Afluente (Tr = 100 anos):	1.283,41 m ³ /s
Vazão Afluente Máxima (Tr = 10.000 anos):	2.587,14 m ³ /s
Vazão Defluente Máxima (Tr = 10.000 anos):	2.546,03 m ³ /s
Vazão Remanescente:	Ecológica: 0,50 m ³ /s Abastecimento Dom Pedrito: 0,20 m ³ /s

RESERVATÓRIO:

Área Superficial do Reservatório (CSV):	12,4 km ²
Volume Total (CSV):	116,63 hm ³
Volume Útil (CSV):	116,5 hm ³
Volume de Assoreamento para 100 anos:	0,13 hm ³
Tempo de Enchimento Estimado:	~1 ano

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

NÍVEIS DE OPERAÇÃO:

NA Reservatório (Tr = 100 anos):	159,35 m
NA Reservatório (Tr = 10.000 anos):	160,40 m
NA Jusante (Tr = 100 anos):	134,35 m
NA Jusante (Tr = 10.000 anos):	136,06 m
N.A. Mínimo de Montante:	140,00 m
N.A. Mínimo de Jusante:	130,44 m
Tipo: Frontal s/ Controle de Soleira Delgada com Perfil Cre tager	
Cota da Soleira Vertedoura (CSV):	157,00 m
Comprimento Total do Vertedouro:	160 m
Bacia de Dissipação: Cota:	129,00 m
Comprimento:	25 m
Descarga de Dimensionamento (Tr = 10.000 anos):	2.538,69 m ³ /s

TOMADA D'ÁGUA E DESCARREGADOR DE FUNDO

Tomada d'Água: DN 1.524 mm
Válvula Dispersora: ϕ 60" (DN 1.524 mm)
Descarga de Fundo: DN 1000 mm

DESVIO DO RIO:

Cota da Ensecaideira da 1 ^a Fase:	138,00 m
Cota da Ensecaideira de 2 ^a Fase: Montante:	139,90 m
Jusante:	135,50 m
Calorias do Descvio:	4 un. de 4 m x 7,5 m

GARANTIA NO TEMPO / ÁREA IRRIGADA (considerando $Q_{amb} = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ e $Q_{abastDP} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$)

Area (ha)	Percentage
12.660 ha	100%
13.080 ha	99%
14.320 ha	98%
15.900 ha	97%
16.060 ha	96%
16.660 ha	95%
17.580 ha	94%
19.280 ha	93%
19.900 ha	92%
20.740 ha	91%
21.140 ha	90%



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Reservatório Taquarembó Dados do Projeto Básico da Barragem

Fonte: Memorial Descritivo (abril/2010)

Cota máxima = 157,0m

Cota mínima = 140,0m

Volume útil = 111,74hm³ (obtido pela curva cota-volume)

Cota-Área-Volume da Barragem Taquarembó.

Cota (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
130	2.600	0
131	17.200	0
132	60.400	20.000
133	144.800	100.000
134	217.800	270.000
135	317.500	520.000
136	457.800	890.000
137	709.300	1.430.000
138	967.000	2.230.000
139	1.368.300	3.340.000
140	1.867.500	4.900.000
141	2.329.000	6.940.000
142	2.752.500	9.440.000
143	3.274.100	12.400.000
144	3.785.800	15.880.000
145	4.312.800	19.890.000
146	4.867.000	24.450.000
147	5.433.800	29.560.000
148	6.065.100	35.280.000
149	6.714.800	41.630.000
150	7.360.200	48.630.000
151	7.960.300	56.260.000
152	8.614.800	64.530.000
153	9.290.100	73.450.000
154	10.014.800	83.070.000
155	10.846.200	93.470.000
156	11.607.800	104.670.000
157	12.396.400	116.640.000
158	13.198.900	129.400.000
159	14.062.300	143.000.000
160	14.893.300	157.460.000
161	14.893.300	172.740.000



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

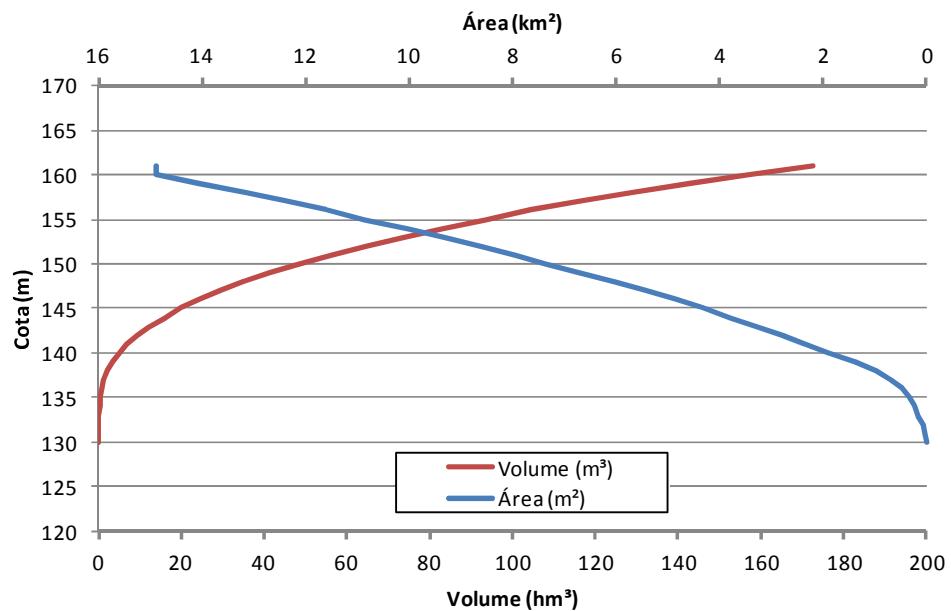


Figura 2 - Cota-Área-Volume da Barragem Taquarembó.



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

CANAL	
Localização:	a jusante da Barragem do Arroio Taquarembó
Alimentação:	por gravidade, a partir das tomadas d'água
Tipo:	canal escavado no terreno, sem revestimento, a céu aberto.
Extensão:	38.772 m
Controle:	Por montante
Vazões nos trechos iniciais:	13,664 m ³ /s
Vazões nos trechos finais:	0,946 m ³ /s
Características físicas do canal:	base: de 0,60 a 1,85 m taludes laterais: 1,5 (H) : 1,0 (V) declividade de fundo: de 0,20 a 0,30 m/km altura: de 1,25 a 3,28 m largura das bermas: 1,50 m
Parâmetros hidráulicos:	tirante d'água: de 0,95 a 2,78 m "free-board": 0,30 a 0,50 m rugosidade: 0,022 (Manning) velocidade de escoamento: de 0,50 a 0,81 m/s
Situação típica em relação ao terreno natural:	mista (aterro/corte)
Material utilizado na confecção dos canais:	solo residual argiloso
Revestimento dos taludes externos:	grama
Obras especiais:	bueiros (58 unidades) tomadas d'água (20 unidades) pontilhões (31 unidades)
ADUTORA	
FºFº K-7	DN 400mm
Q (L/s)	190
V(m/s)	1,51



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

2.2 PROPOSTA DA AUSM PARA O SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DA BARRAGEM DO ARROIO TAQUAREMBÓ

A proposta para expansão do sistema de distribuição de água, elaborada pela AUSM, contém considerações sobre o sistema de distribuição de água proposto no Projeto Básico existente e proposta de uma nova concepção de sistema de distribuição que permita uma expansão da área de atendimento. Essa proposta de expansão do sistema de distribuição de água foi encaminhada para ser analisada pelos Consórcios como documento oficial do Estado. Essa proposta, após sua análise e conclusões, deverá ser utilizada como premissa dos Estudos dos Projetos Executivo dos Canais.

O referido documento tece várias considerações a respeito do projeto básico existente dentre as quais podem ser destacados as seguintes:

- O sistema possibilita a irrigação apenas de arroz e eventualmente alguma produção em rotação, na margem esquerda do rio Santa Maria. Porém, futuras utilizações alternativas (incluindo produção em rotação) ainda estão dependentes de pesquisa/avaliação/comprovação de viabilidade/transferência de tecnologias.
- O sistema beneficia as mesmas áreas já utilizadas com arroz irrigado, na margem esquerda do rio Santa Maria, com pequeno incremento, somente de arroz;
- O referido documento avalia que o sistema proposto no Projeto Básico existente exigirá a manutenção/ampliação/implantação de 26 estações de bombeamento na margem esquerda do Rio Santa Maria, Isto exigirá a reavaliação das cargas disponíveis bem como da necessidade de implantação de nova rede elétrica. Também exigirá substituição de sistemas de bombeamento a diesel para 1.580 hectares de arroz;
- Impacto ambiental alto dos sistemas individuais de bombeamento e questionável sustentabilidade ambiental e econômica;
- O Projeto Básico existente implicaria em dificuldades no controle eficiente do processo de distribuição da água/operação dos sistemas face aos percursos longos da água por leitos de rio e arroio e 44 km pelo canal principal. O percurso da água por rio e arroio tem velocidades diferentes ao longo do curso de cada um, além de ser influenciada pelo seu regime hidrológico (variações de vazões), resultando num controle muito difícil dos tempos necessários para



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

o abastecimento dos usuários cadastrados durante o período de necessidade de irrigação, o que determina desperdício de água por impossibilidades de controle eficiente do processo de distribuição da água/operação dos sistemas;

- O sistema permite o monitoramento eficaz, com controle das diretrizes do Enquadramento, somente na área abastecida pelo canal principal e até chegar ao leito do rio Santa Maria, unicamente pela sua margem direita;
- Não permite viabilidade econômica e demanda maior impacto ambiental para o afastamento das áreas de cultivo de arroz da margem esquerda do rio Santa Maria (APP's – sistemas de bombeamento, maior consumo de energia, necessidade de obras de engenharia);

A proposta da AUSM apresenta áreas potencialmente irrigadas por gravidade, que estariam localizadas basicamente entre os canais propostos e o leito do rio Santa Maria, e áreas potencialmente irrigáveis em terras altas, que são as localizadas acima da cota dos canais propostos. Observa-se que a Proposta Alternativa da AUSM contempla os seguintes canais: Canal Principal do Taquarembó; Canal Secundário ME Taquarembó com bombeamento; Canal MD Taquarembó; Canal ME Santa Maria – Taquarembó (Campo Seco); Canal Secundário Picada das Pedras.

As principais características apresentadas na proposta da AUSM são as seguintes:

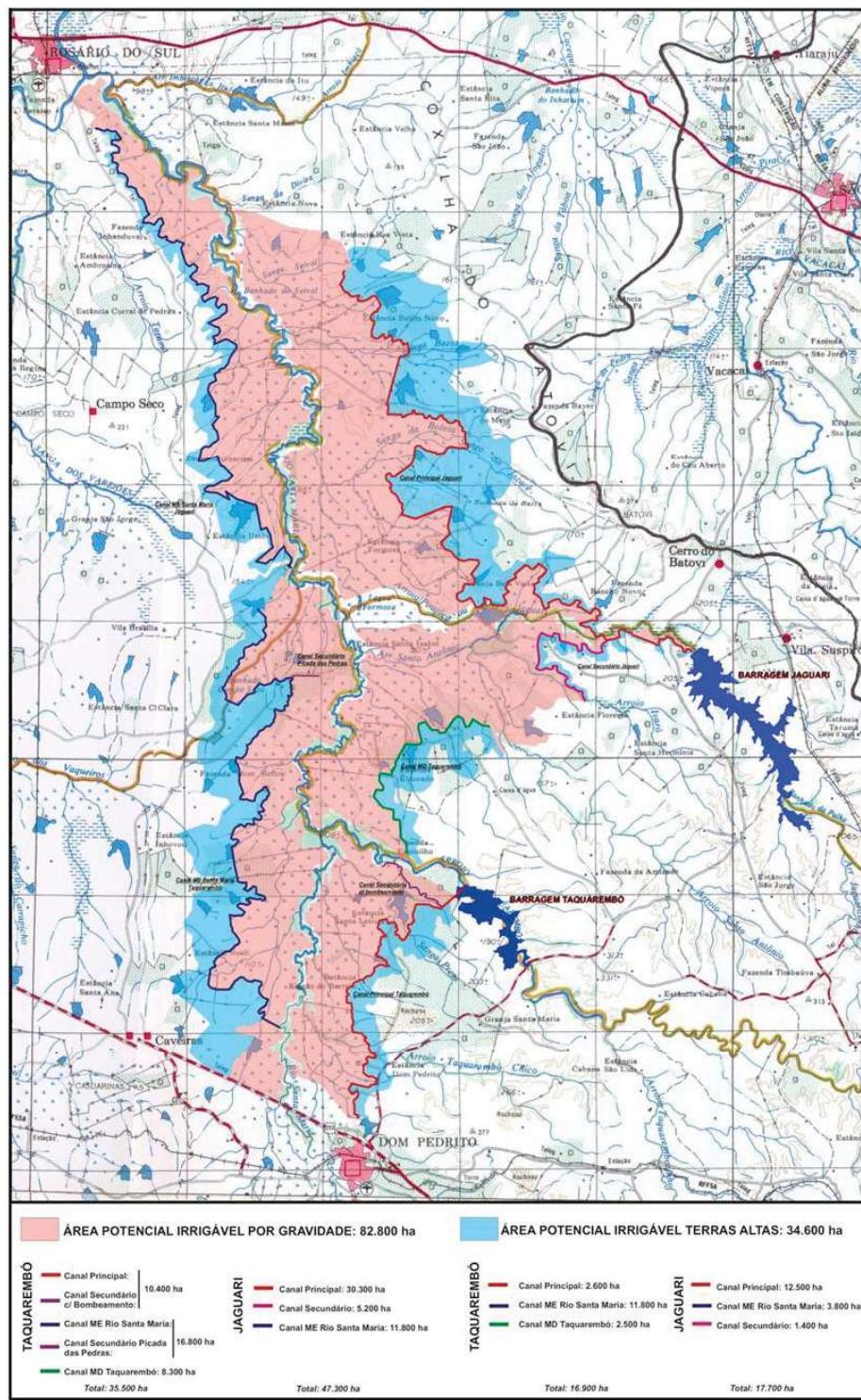
- Área potencialmente irrigável por gravidade pelo Sistema proposto (5 canais): 35.500 ha;
- Área potencial irrigável até cota 15 m a montante dos canais propostos: 16.900ha;
- Área potencial total irrigável pelo Sistema proposto (a montante e a jusante dos 3 canais): 52.400 ha;
- Extensão total aproximada dos canais propostos: 136 km



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó

RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

As áreas potencialmente irrigáveis são apresentadas na



Figura



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

3, juntamente com os sistemas de canais proposto (incluindo, também o sistema proposto para a barragem do Arroio Jaguari). A Figura 4 apresenta um fluxograma simplificado do sistema de irrigação da barragem do Taquarembó, permitindo uma melhor visualização da nomenclatura adotada para os canais.

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

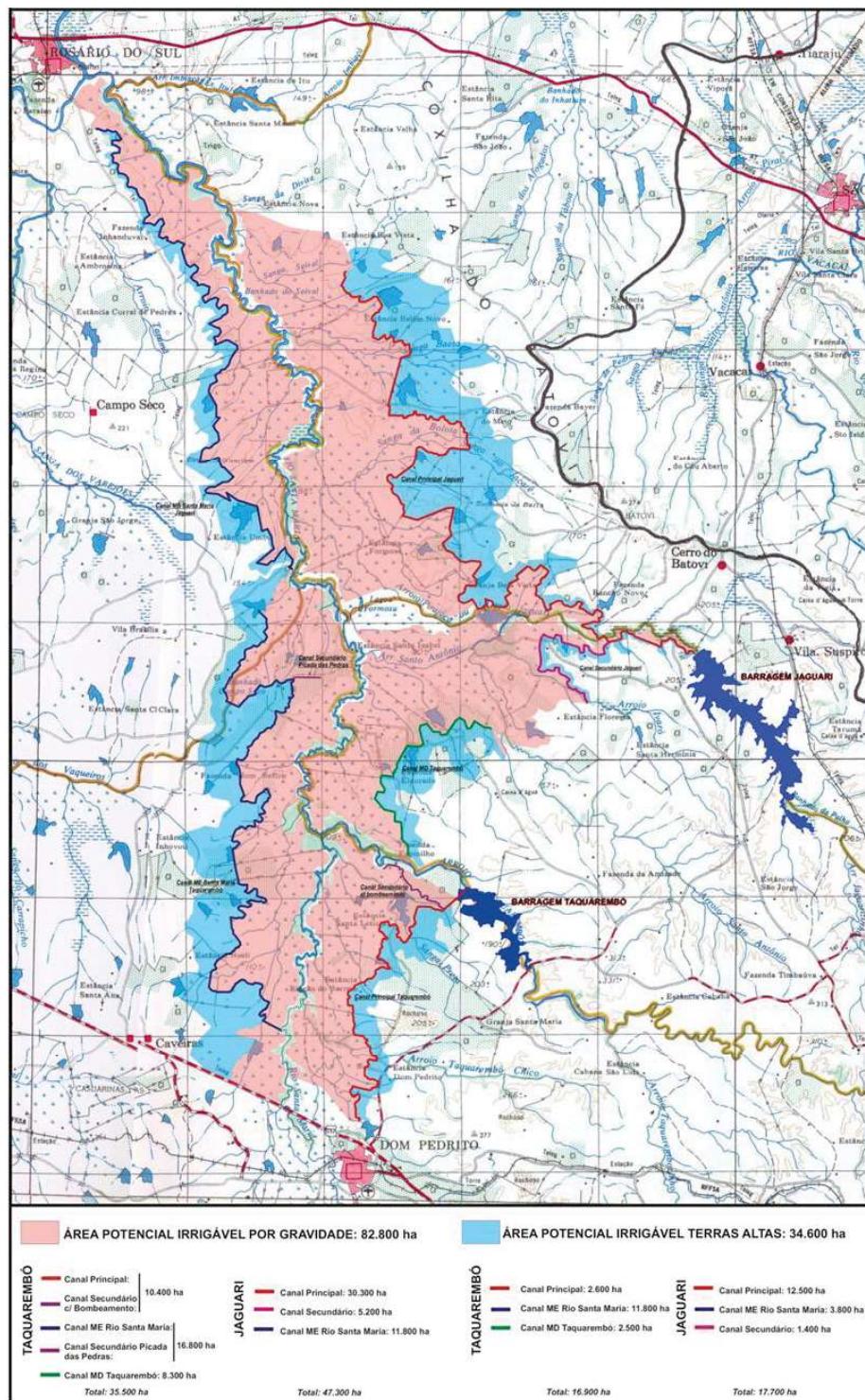


Figura 3. Sistema de distribuição de água proposto pela AUSM.

Figura



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó

RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

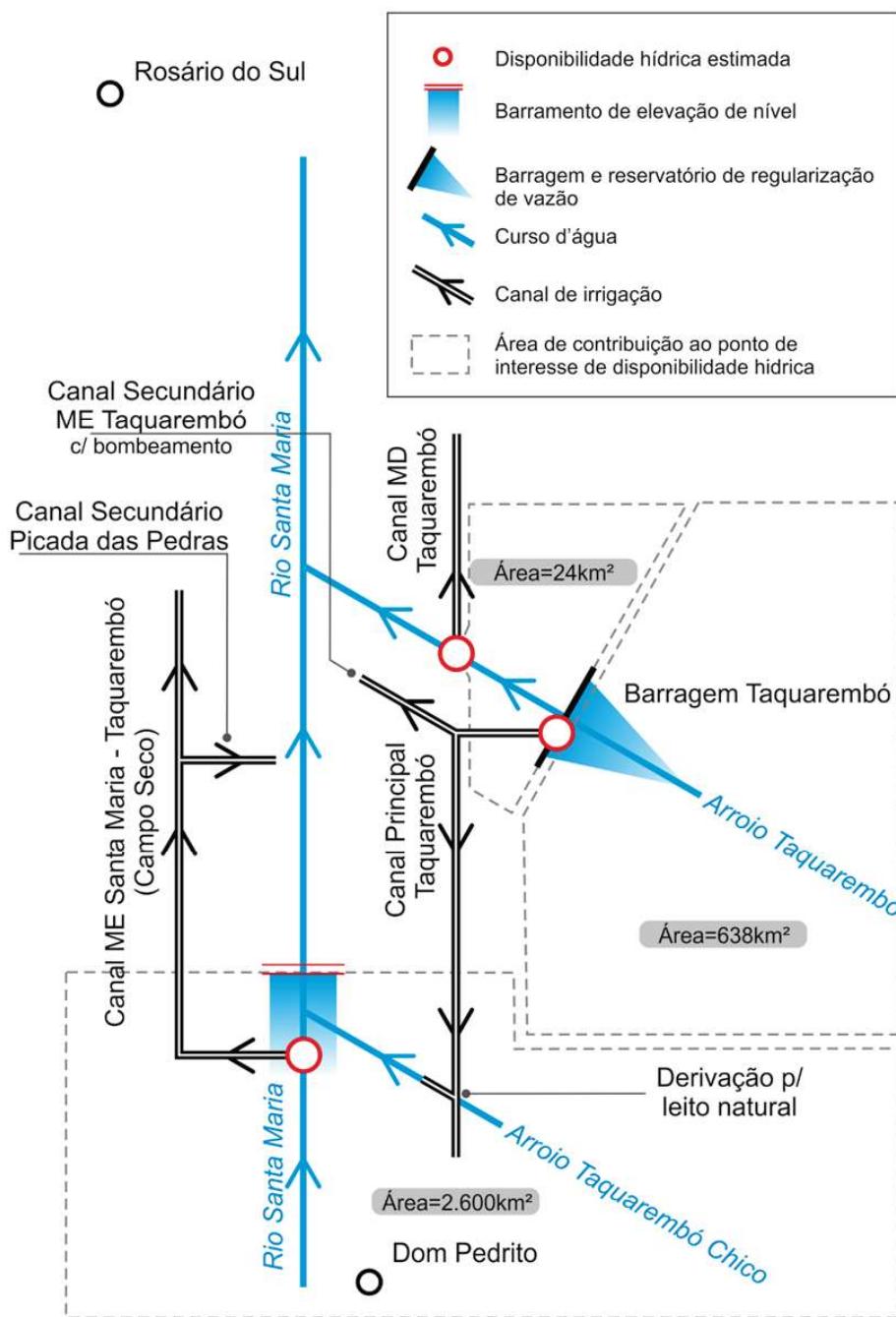


Figura 4. Fluxograma da Proposta Alternativa da AUSM de Irrigação do arroio Taquarembó.



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Canal Principal Taquarembó

A AUSM propõe a implantação de canal principal com capacidade de condução inicial de 21,8 m³/s – a ser analisada referentemente a permanência e simultaneidade temporal da situação extrema para vazões (período inicial da irrigação da lavoura de arroz, considerando-a como 100% da demanda) e derivação para Arroio Taquarembó Chico: até 12,8 m³/s, Extensão total aproximada de 35,5 km.

Canal Secundário ME Taquarembó com bombeamento

Derivação do Canal Taquarembó Principal, por gravidade, para bombeamento, com capacidade de 2,3 m³/s e altura manométrica aproximada do levante de 8,0 m. Canal escavado (corte/aterro), com extensão de 7,0 km, sem revestimento pelas características do solo na área de seu curso, podendo haver necessidade de impermeabilização ao transpor pontos com rochas isoladas, dependente do traçado a ser definido por levantamento topográfico.

Canal Margem Direita do Arroio Taquarembó

Derivação do arroio Taquarembó a partir de barramento, ou por bombeamento (menor custo e impacto ambiental), com capacidade de 4,4 m³/s. Para derivação por bombeamento há disponibilidade de energia elétrica a partir da rede construída pela distribuidora para atendimento da empresa construtora da barragem. Canal escavado/meia encosta (corte/aterro), sem necessidade de revestimento pelas características do solo na área de seu curso. Extensão aproximada do canal de 22,0 km. Curso em cota dominante em relação às áreas atualmente cultivadas com arroz. Permite alternativas de irrigação nas áreas a montante de seu curso.

Possibilita retirada de 6 estações de bombeamento de água para irrigação de arroz do leito dos arroios Taquarembó e Santo Antônio. Possibilidade de controle do processo de distribuição da água da barragem Taquarembó, num sistema otimizado para uso de toda a sua capacidade utilizável, assim como gestão dos recursos hídricos das fontes naturais dentro do considerado perímetro de irrigação.

Além das informações constantes nos estudos das barragens e no Projeto Básico dos canais, a proposta para expansão do sistema de distribuição de água elaborada pela AUSM disponibiliza um cadastro de usuários, contendo informação do uso (culturas por irrigação, abastecimento de barragem), das áreas irrigadas, dos volumes de água a serem demandados e pontos de catação de água nos canais previstos pela AUSM.



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Não há informações adicionais sobre o meio físico (tipos de solo, formações geológicas, APPs, levantamentos topográficos), além daquelas disponibilizadas nos projetos estudos anteriormente citados.

Canal Margem Esquerda do Rio Santa Maria (Campo Seco) - Taquarembó

Elevador de nível (1,5 a 2,0 m) no leito do rio Santa Maria a jusante da foz do arroio Taquarembó Chico. A altura manométrica aproximada do levante é de 7,0 a 8,0 m (a ser verificada por levantamento topográfico). Terá necessidade de condução máxima (situação extrema de utilização de toda a água captada/conduzida para irrigação de arroz e início de irrigação simultânea em todas as lavouras) de 12,8 m³/s. O canal percorre área totalmente antropizada. Será escavado/meia encosta (corte/aterro), sem necessidade de revestimento, pelas características do solo na área de seu curso. Este traçado terá cota dominante em relação a todas as áreas atualmente cultivadas com arroz, com água derivada do rio Santa Maria.

Este traçado percorre exatamente as mesmas propriedades cadastradas para uso do sistema Taquarembó do projeto original (facilidade de informação e dados sobre ampliação de usos). Viabiliza o uso de eventuais sobras de águas de sistemas. Possibilita derivação para canais secundários ao longo de seu curso e a partir de seu ponto final, para atendimento de usuários (sustentabilidade econômica) que venham a ser construídos a montante (ex: Ferraria e o ponto final do canal sugerido na margem esquerda do rio Santa Maria coincide com o início do perímetro de irrigação da barragem Jaguari).

Canal Secundário Picada das Pedras

Derivação a partir do Canal ME Santa Maria – Campo Seco, por gravidade, com capacidade de 1,6 m³/s. Canal escavado (corte/aterro), sem revestimento, com extensão de 2,0 km. Observar necessidade de aqueduto ou sifão em seu percurso.



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

2.3 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O PROJETO BÁSICO E A PROPOSTA AUSM

Foi efetuada análise comparativa preliminar entre o Projeto Básico do Sistema de Distribuição da Barragem do Arroio Taquarembó, efetuado pela empresa STE – Serviços Técnicos de Engenharia SA, em junho de 2010, e o proposto pela AUSM, tecendo-se as seguintes considerações:

- Impactos ambientais: o aumento da extensão dos canais repercutirá em impactos físicos, antrópicos e bióticos que deverão ser avaliados, quantificados e mitigados, diversos das condições atuais do licenciamento e programas ambientais previstos. A Tabela 1 apresenta as diferenças entre o sistema existente e o proposto. Em termos gerais, a extensão dos canais é aumentada em 3 vezes (de 44 km para 136 km) para atender uma área potencialmente irrigável de 52.400 ha (ao invés dos 16.700 ha de área irrigada previstos no Projeto Básico existente). Observar que, prevendo que não haverá necessidade de atendimento simultâneo para toda área potencialmente irrigável, a totalização para dimensionamento do sistema proposto é de 20.215 ha.
- Capacidade operacional do reservatório: A definição das áreas potencialmente irrigáveis e delimitação da área a ser irrigada deverão ser analisadas de forma criteriosa. A área potencialmente irrigável da Proposta da AUSM é 4 vezes maior que a área irrigada no Projeto Básico, enquanto a totalização para dimensionamento é 1,6 vezes maior que a área irrigada no Projeto Básico. Como a água disponível é a mesma nos dois sistemas é necessário avaliar alternativas de atendimento. Neste caso o plano de exploração agrícola será fundamental na avaliação da capacidade de atendimento da barragem bem como na avaliação da vocação agrícola para irrigação em terras altas. As seguintes alternativas são inicialmente propostas:
 - reservação adicional, a partir de novos barramentos;
 - alteração do calendário agrícola, visando redução de demandas;
 - revestimento de canal, para redução de perdas;
 - ou, confirmada a hipótese de escassez de água, efetuar o gerenciamento dos volumes disponíveis através da concessão de cotas por propriedade, conforme critérios a serem definidos pelo gestor.



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 1 - Quadro Comparativo (fonte: AUSM, 2012)

SISTEMA	PROJETO BÁSICO						PROPOSTA AUSM							
	CANAL	Ext (km)	Áreas Irrigada (ha)			Vazão máx. (m³/s)	Ext (km)	Áreas Potencialmente Irrigáveis (ha)			Totalização para dimensionamento do Sistema Proposto (ha)			
			Gravidade	Terras Altas	TOTAL			Gravidade	Terras Altas	TOTAL	Arroz	Outros cultivos	TOTAL	
TAQUAREMBÓ	Principal	44	10.380	2.600	16.700	13,66	35,5	10.400	2.600	13.000	11.147	6.228	17.375	21,8
	Secundário c/ bomb.	-	-	-	-	-	7,0	Contabilizado no Canal Principal	Contabilizado no Canal Principal	Contabilizado no Canal Principal	1.230	570	1.800	2,3 (deriva do Principal)
	ME Santa Maria	-	-	-	-	-	69,7	16.800	11.800	28.600	6.685	3.254	9.939	12,8
	Campo Seco	-	-	-	-	-	2,0	Contabilizado no Canal ME S.Maria	Contabilizado no Canal ME S.Maria	Contabilizado no Canal ME S.Maria	880	80	960	1,6 (deriva do Canal ME S.Maria)
	MD Taquarembó	-	-	-	-	-	22,0	8.300	2.500	10.800	2.440	400	2.840	4,4
	TOTAIS	44	10.380	2.600	16.700	13,66	136	35.500	16.900	52.400	22.382	10.532	32.914	39,0

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

2.4 AVALIAÇÃO DO PROJETO BÁSICO – ATENDIMENTO DO TRAÇADO DOS CANAIS DA PROPOSTA ALTERNATIVA DA AUSM

A comparação dos traçados apresentados na Figura 5 permite concluir que o primeiro segmento do arranjo do sistema apresentado no Projeto Básico em análise é semelhante ao apresentado na Proposta Alternativa da AUSM, para o Canal Principal do Taquarembó.

Há, porém, necessidade de adaptação e complemento do traçado, com a extensão do canal previsto no Projeto Básico e inclusão dos demais canais propostos no sistema alternativo (Canal Secundário ME Taquarembó com bombeamento, Canal MD Taquarembó, Canal ME Santa Maria – Taquarembó (Campo Seco) e Canal Secundário Picada das Pedras).

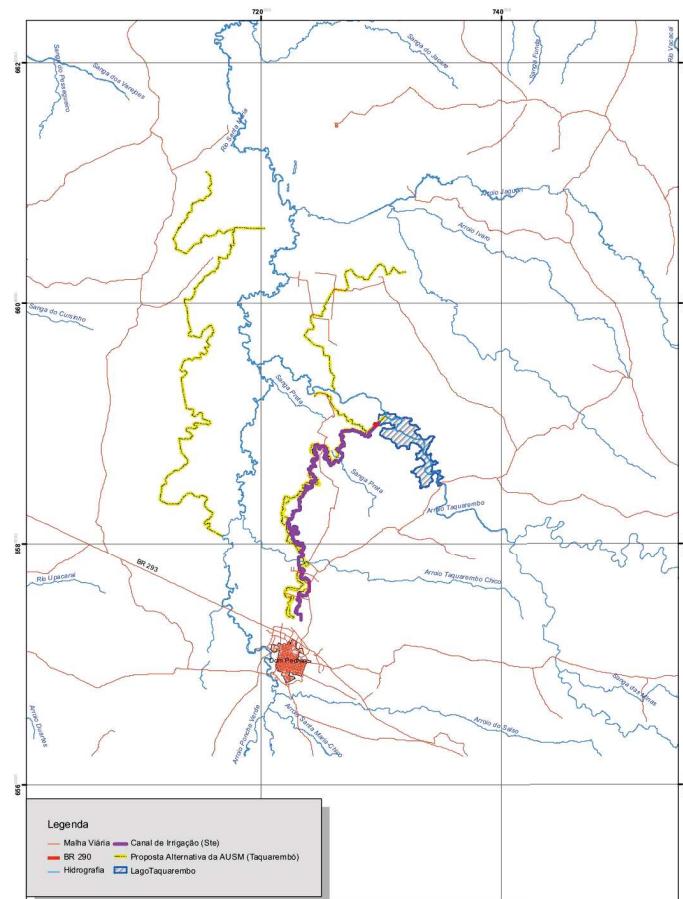


Figura 5. Comparação dos traçados do Canal de Irrigação (STE, 2010) e Proposta Alternativa da AUSM.



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

2.5 AVALIAÇÃO DO PROJETO BÁSICO - ATENDIMENTO ÀS DEMANDAS HÍDRICAS DA PROPOSTA ALTERNATIVA DA AUSM

Os estudos efetuados no Projeto Básico em análise indicam uma capacidade para irrigar aproximadamente 16.700 ha de lavouras de arroz, com garantia de 95%. O sistema proposto permite a regularização máxima de 13,66m³/s.

A Proposta Alternativa da AUSM para dimensionamento do Sistema Alternativo de Distribuição da Barragem do Arroio Taquarembó contempla irrigação de uma área total de 20.215 ha, sendo 13.587 ha de arroz e 6.628 ha de outros cultivos, com demanda das seguintes vazões:

- Canal Principal do Taquarembó + Canal Secundário ME Taquarembó com bombeamento: 21,8 m³/s;
- Canal MD Taquarembó: 4,4 m³/s;
- Canal ME Santa Maria – Taquarembó (Campo Seco) +Canal Secundário Picada das Pedras: 12,8 m³/s.

Esses dados permitem verificar que o arranjo previsto pelo Projeto Básico não atende as demandas hídricas apresentadas no Sistema Alternativo da AUSM. Há necessidade de buscar outras alternativas para melhorar o nível de atendimento destes pontos. Também observa-se necessidade de alterações na tomada de água da barragem ou tomada d'água complementar. As seguintes alternativas são inicialmente propostas:

- reservação adicional, a partir de novos barramentos;
- alteração do calendário agrícola, visando redução de demandas;
- revestimento de canal, para redução de perdas;
- ou, confirmada a hipótese de escassez de água, efetuar o gerenciamento dos volumes disponíveis através da concessão de cotas por propriedade, conforme critérios a serem definidos pelo gestor.

Observar que as vazões consideradas acima são aquelas indicadas na Proposta Alternativa da AUSM. Novos valores, mais precisos, serão estimados no item 3 deste relatório, a partir da Proposta de Sistema de Irrigação para o Sistema Integrado de Usos Múltiplos das Barragens Taquarembó e Jaguari, com o detalhamento do Plano Agrícola e dos canais propostos, incluindo estimativas de perda por infiltração e evaporação, conforme as seções calculadas dos canais.



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

3 ***PROPOSTA DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO CONSOLIDADO***

3 PROPOSTA DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO CONSOLIDADO PARA O SISTEMA INTEGRADO DE USOS MÚLTIPLOS DA BARRAGEM DO ARROIO TAQUAREMBÓ

Conforme apresentado nos itens anteriores, conclui-se que o arranjo do sistema apresentado no Projeto Básico em análise não atende as necessidades da Proposta Alternativa:

- embora o primeiro segmento do arranjo do sistema apresentado no Projeto Básico disponível seja semelhante ao apresentado na Proposta Alternativa da AUSM, para o Canal Principal do Taquarembó, há necessidade de adaptação e complemento do traçado, com a extensão do canal então previsto e inclusão dos demais canais propostos no Sistema Alternativo da AUSM (Canal Secundário ME Taquarembó com bombeamento, Canal MD Taquarembó, Canal ME Santa Maria – Taquarembó (Campo Seco) e Canal Secundário Picada das Pedras);
- e os volumes disponíveis não atendem as demandas hídricas.

Foi proposta a confirmação da proposta alternativa da AUSM como premissa para o traçado dos canais, e confecção de uma Proposta de Sistema de Irrigação para o Sistema Integrado de Usos Múltiplos das Barragens Taquarembó e Jaguari, com o detalhamento do Plano Agrícola e dimensionamento dos canais propostos, incluindo estimativas de perda por infiltração e evaporação, conforme as seções calculadas dos canais

3.1 PREMISSAS BÁSICAS PARA CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE CANAIS

A concepção de um sistema de canais para irrigação é resultado de uma série de etapas encadeadas, com uma lógica clara entre elas.

Antes de iniciar o projeto propriamente dito, deve ser realizado um anteprojeto, que determina os seguintes elementos:

- A disponibilidade de recursos hídricos para satisfazer as necessidades dos usos da água previstos, como irrigação e abastecimento urbano;



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

- Possibilidade de regulação das vazões no sistema de canais, determinando a probabilidade de atendimento da demanda prevista;
- Delimitação da zona a atender, aptidão do terreno para irrigação e dotações necessárias por unidade de irrigação ou área de lavoura ou pastagem;
- Traçado provisório das redes de canais, vazões a transportar, sendo conveniente a normalização das seções e obras de um mesmo sistema;
- Estudo prévio da organização da gestão do sistema;
- Valoração das obras, licenças, desapropriações e indenizações previstas; e
- Estudo econômico do aproveitamento.

No caso de aprovação do anteprojeto, parte-se para a inserção das modificações sugeridas pelo revisor, quando é necessário reestudar os componentes do projeto afetados pelas modificações.

Para a etapa de projeto, deve-se dispor de um levantamento topográfico que permita a execução dos cálculos hidráulicos e de movimentação de terra, de estudos geotécnicos que permitam identificar pontos críticos do traçado e as possíveis soluções técnicas necessárias para garantir a estabilidade da obra. Além destes, é necessária a avaliação ambiental compatível com o processo de licenciamento.

No caso dos canais do sistema **Taquarembó**, o processo realizado é um tanto distinto do usual, pois já foram fornecidas as áreas a serem irrigadas por produtor, resultado de uma negociação prévia realizada na bacia pela AUSM – Associação dos Usuários de Água da Bacia do rio Santa Maria, que também é considerada na análise de viabilidade como o futuro organismo gestor. Além das áreas, o estudo realizado pela AUSM apresenta um traçado proposto, com base em informações altimétricas de um modelo digital de elevação, que permite atender às áreas declaradas pelos proprietários interessados.

Como parâmetros básicos foram adotados:

- a) Os canais não serão revestidos, sendo necessário contabilizar uma perda de água que ocorrerá ao longo do mesmo;
- b) As vazões entregues a cada irrigante serão medidas através de orifícios conjugados com vertedores;
- c) As estruturas de elevação de nível serão fixas, reduzindo-se o custo de operação do sistema;
- d) O coeficiente de Manning será constante e igual a 0,0225;
- e) A declividade do fundo do canal será de 0,0001 m/m ou 0,1 m/km;
- f) A seção do canal será trapezoidal, com inclinação dos taludes de 2H:1V.



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

3.2 DEFINIÇÃO DAS ÁREAS POTENCIALMENTE IRRIGÁVEIS

A definição das áreas potencialmente irrigáveis em projetos convencionais de irrigação parte das condições dos solos e de topografia. Sobre esses elementos básicos, desenham-se os limites das áreas que apresentam condições de serem exploradas sob condições irrigadas e resultarão em ganhos de produtividade sem correr riscos de erosão, salinização ou drenagem deficiente.

No caso do projeto em foco, os futuros usuários, através da Associação dos Usuários de Água da Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria – AUSM, apresentaram um levantamento diferenciado. A AUSM questionou a cada produtor qual seria a área que colocaria em exploração irrigada a partir do fornecimento de água do sistema barragem-canais proposto. Com isso, obteve-se uma informação mais detalhada e precisa da área potencialmente irrigável pelo sistema, incluindo nessa avaliação a capacidade ou intenção dos usuários em realizar os investimentos “on farm” necessários para a expansão da área irrigada.

O papel da consultoria nesse caso é o de avaliação das condições pedológicas e topográficas gerais da região atendida pelo traçado proposto e a identificação dos níveis de manejo das lavouras implantadas atualmente, para, de forma sucinta, avaliar a coerência do que foi proposto.

A viagem de campo realizada entre os dias 10, 11 e 12 de janeiro possibilitou a visualização de lavouras de soja e arroz sobre diversos solos da bacia, especialmente solos de várzea ou com limitações naturais de drenagem que sofreram processo de drenagem por meio da abertura de canais. Não foram observadas lavouras de milho, pois os produtores relatam que a falta de água no período inicial da lavoura é frequente na região, sendo que o risco de produção sem irrigação é muito elevado. O bom nível técnico das lavouras observadas, com raras áreas falhadas, indica o domínio das práticas de manejo necessárias para a condução dessas culturas nesse ambiente.

Observaram-se também áreas de pastagem nativa que poderiam estar em melhores condições se fossem irrigadas. Por fim, verificou-se o fortalecimento da vitivinicultura regional, em especial do município de Dom Pedrito.

Outro fator a ser destacado é a existência de escritórios de assistência técnica agrícola na região com qualificação para acompanhar a implantação de projetos de irrigação em novas áreas.

Com essas informações, avalia-se que a proposta da AUSM de exploração de arroz, soja e milho, pastagens e fruticultura é pertinente para a região, sendo que há solos disponíveis, domínio técnico e infraestrutura de produção adequada para a ampliação da produção.



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

3.3 TRAÇADO DOS CANAIS

A proposta de expansão do sistema elaborada pela AUSM foi desenvolvida tendo por base imagens de satélite obtidas do Google, sendo, portanto, necessária a elaboração de uma base cartográfica mais detalhada que permita lançar, com mais rigor e precisão, o traçado dos canais. Embora os Termos de Referência não façam previsão destes serviços, o Consórcio buscou a viabilidade necessária para efetuar as tarefas previstas, através de levantamentos topográficos e geotécnicos.

Assim, adotando-se o traçado proposto pela AUSM como um elemento referencial, foi realizado um levantamento plani-altimétrico de uma faixa de 100 m de terreno, cuja linha central é a projeção do eixo do canal definido pelo ponto de partida e por uma declividade de 1:10.000 que havia sido previamente estabelecida como parâmetro.

A Figura 6 apresenta uma comparação do traçado efetuado no levantamento topográfico e o traçado proposto pela AUSM, para os canais do sistema Taquarembó. Observam-se diferenças, que se devem à necessidade de ajuste do traçado no campo, para manutenção das premissas de declividade mínima do fundo do canal (0,1 m/km). A partir da análise das duas propostas (AUSM e topografia), foi proposto um traçado para o presente estudo, também indicado na figura 6. Este traçado deverá ser verificado/validado/revisado durante os estudos para execução do Projeto Executivo dos Canais.



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

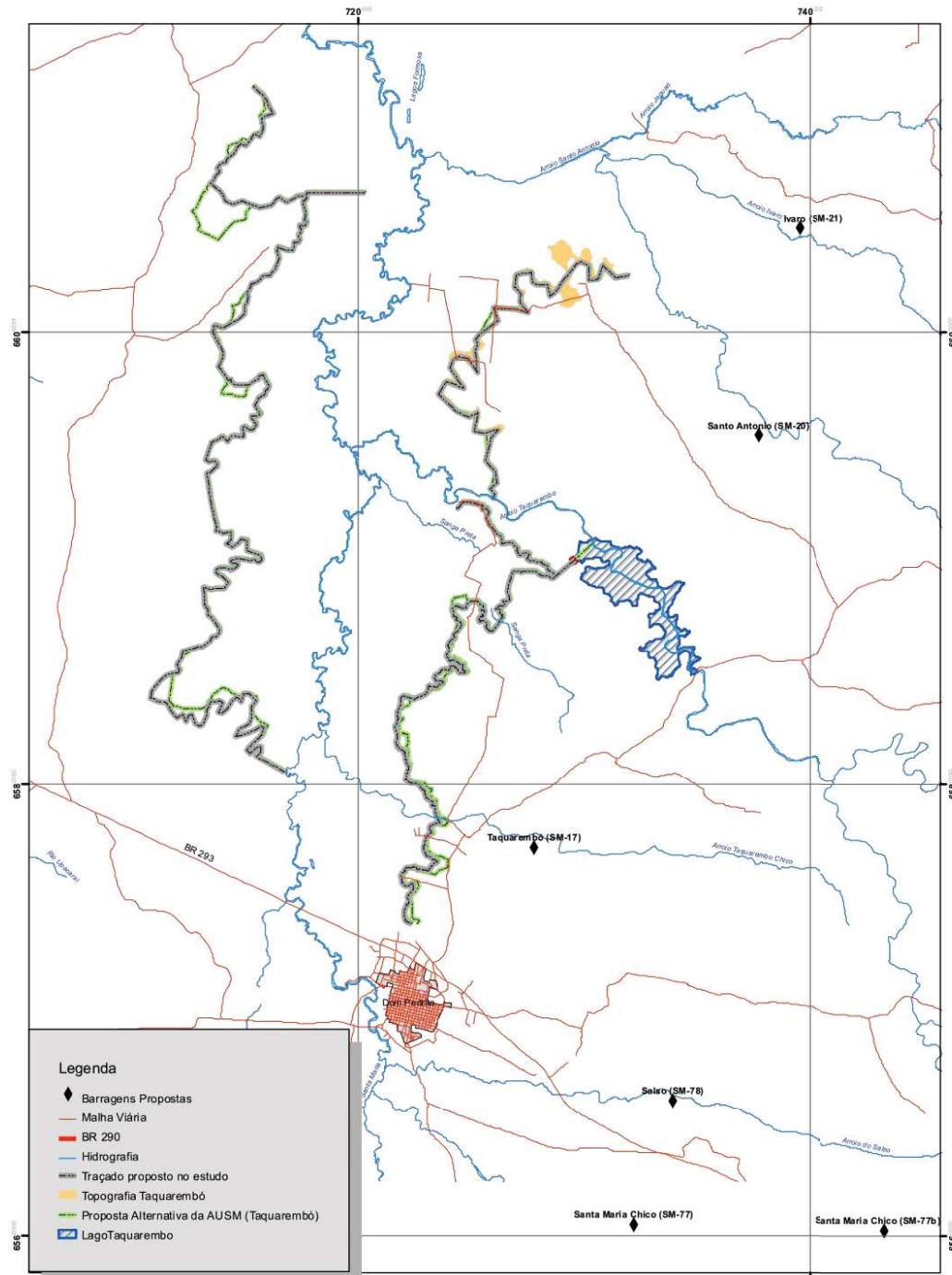


Figura 6. Comparação dos traçados do Levantamento Topográfico e Proposta Alternativa da AUSM.



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

A análise individual de cada um dos trechos (análise caso-a-caso) em que se observam características de coincidência ou divergência entre as duas propostas de traçado permitiu a identificação das seguintes condições:

- CONDIÇÃO MAIS FREQUENTE:

Pouca diferença entre o levantamento topográfico (com faixa composta de várias triangulações) e a linha original proposta pela AUSM para o canal.

Decisão adotada para o traçado escolhido: MANTER TRAÇADO AUSM

A figura 7 mostra um exemplo dessa condição mais frequente.



Figura 7: Sobreposição de levantamento topográfico com faixa composta de várias triangulações e a linha original proposta pela AUSM para o canal.

- CASOS ESPECIAIS TIPO 1

Levantamento topográfico DIVERGE SIGNIFICATIVAMENTE da linha original proposta pela AUSM para o canal devido a condições locais. Traçado da topografia mostra-se mais adequado que a proposta da AUSM.

Decisão adotada para o traçado escolhido:

ADOTAR TRAÇADO TOPOGRAFIA

AJUSTAR/AGRUPAR TOMADAS D'ÁGUA

As figuras 8 a 11 mostram exemplos desse caso.

Na situação apresentada na figura 8, observa-se que o levantamento topográfico contorna a coxilha com valores entre 135 a 136 m. Já o canal principal proposto corta uma coxilha indo da cota 136 m até 156 m. Em se adotando a solução do levantamento topográfico tem-se três captações de um mesmo proprietário (YARA BENTO PEREIRA SUÑE) no canal principal que devem ser concentradas em um único ponto (cota 142 m na figura 8) com uma vazão total que atenda a demanda dos três pontos.



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL



Figura 8: Detalhes do canal principal versus levantamento topográfico – Caso especial Tipo 1

Decisão adotada para o traçado escolhido:

ADOTAR TRAÇADO TOPOGRAFIA

AGRUPAR TOMADAS D'ÁGUA

As figuras 9, 10 e 11 mostram outras situações em que o traçado adotado no levantamento topográfico mostrou-se mais adequado que a proposta inicial da AUSM. Nesses casos, foi adotado o traçado da topografia, e as tomadas d'água foram deslocadas para seguirem o novo traçado.

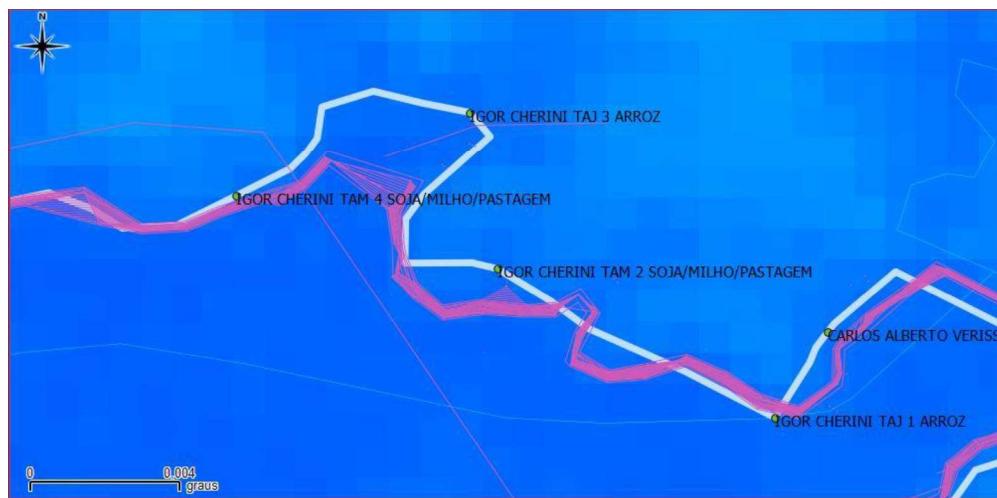


Figura 9: Detalhes do canal principal versus levantamento topográfico – Caso especial Tipo 1



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Decisão adotada para o traçado escolhido:
ADOTAR TRAÇADO TOPOGRAFIA
AJUSTAR TOMADAS D'ÁGUA

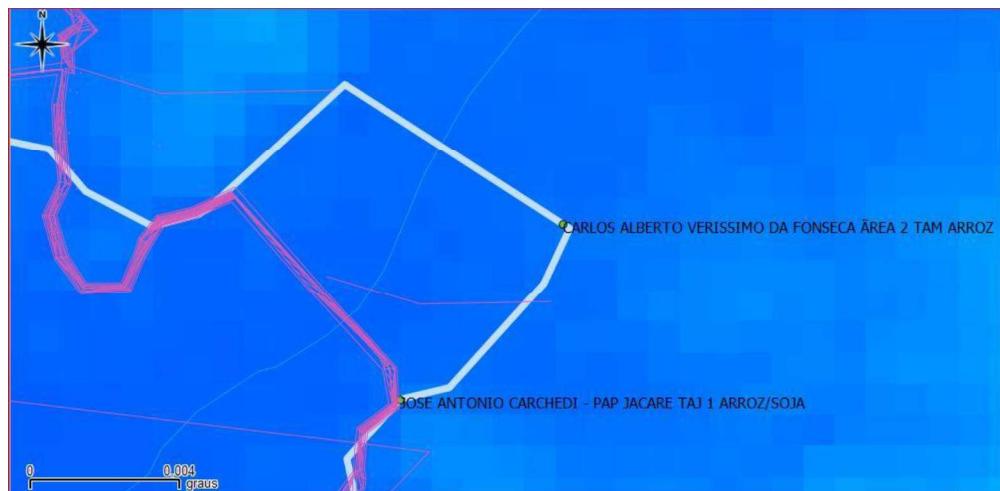


Figura 10: Detalhes do canal principal *versus* levantamento topográfico – Caso especial Tipo 1.

Decisão adotada para o traçado escolhido:
ADOTAR TRAÇADO TOPOGRAFIA
AJUSTAR TOMADAS D'ÁGUA



Figura 11: Detalhes do canal principal *versus* levantamento topográfico – Caso especial Tipo 1.

Decisão adotada para o traçado escolhido:
ADOTAR TRAÇADO TOPOGRAFIA
AJUSTAR TOMADAS D'ÁGUA



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

- CASOS ESPECIAIS TIPO 2

Levantamento topográfico DIVERGE SIGNIFICATIVAMENTE da linha original proposta pela AUSM para o canal devido a condições locais. Traçado da AUSM mostra-se mais adequado que a proposta do levantamento topográfico (ver figura 12).

Decisão adotada para o traçado escolhido:

MANTER TRAÇADO AUSM

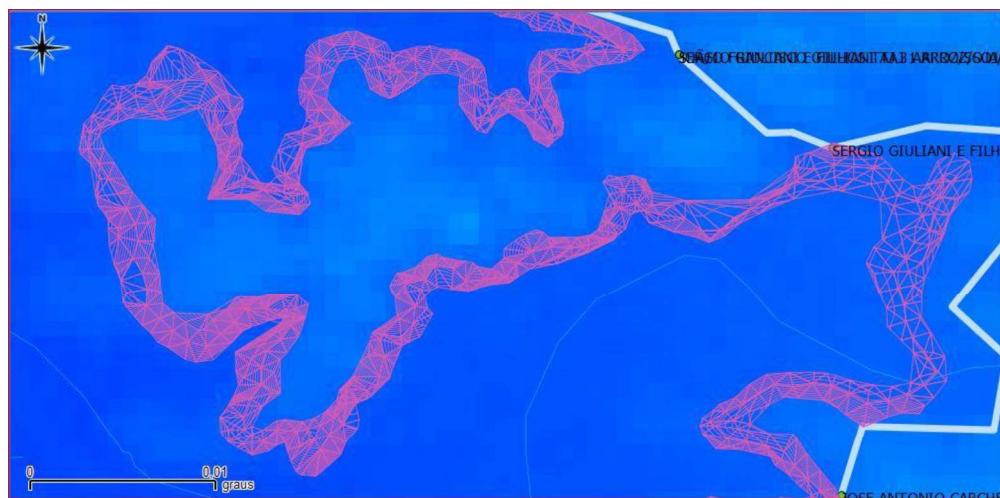


Figura 12: Detalhes do canal principal versus levantamento topográfico – Caso especial Tipo 2.

Decisão adotada para o traçado escolhido:

MANTER TRAÇADO AUSM

- CASOS ESPECIAIS TIPO 3

Levantamento topográfico DIVERGE UM POUCO da linha original proposta pela AUSM para o canal devido a condições locais (ver figura 13)

Decisão adotada para o traçado escolhido:

MANTER TRAÇADO AUSM



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL



Figura 13: Detalhes do canal principal versus levantamento topográfico – Caso especial Tipo 3.

**Decisão adotada para o traçado escolhido:
MANTER TRAÇADO AUSM**

A partir dos resultados dessa análise caso-a-caso, foi proposto um traçado para o presente estudo, conforme indicado na figura 6. Este traçado deverá ser verificado/validado/revisado durante os estudos para execução do Projeto Executivo dos Canais.



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó

RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

3.4 AVALIAÇÃO DO ATENDIMENTO DA DEMANDA HÍDRICA

A avaliação da disponibilidade hídrica e do atendimento às demandas foi efetuada de forma conjunta para a totalidade do sistema de irrigação Jaguari-Taquarembó.

A figura 14 mostra uma representação esquemática do sistema, destacando os 5 pontos de interesse para simulação do atendimento às demandas.

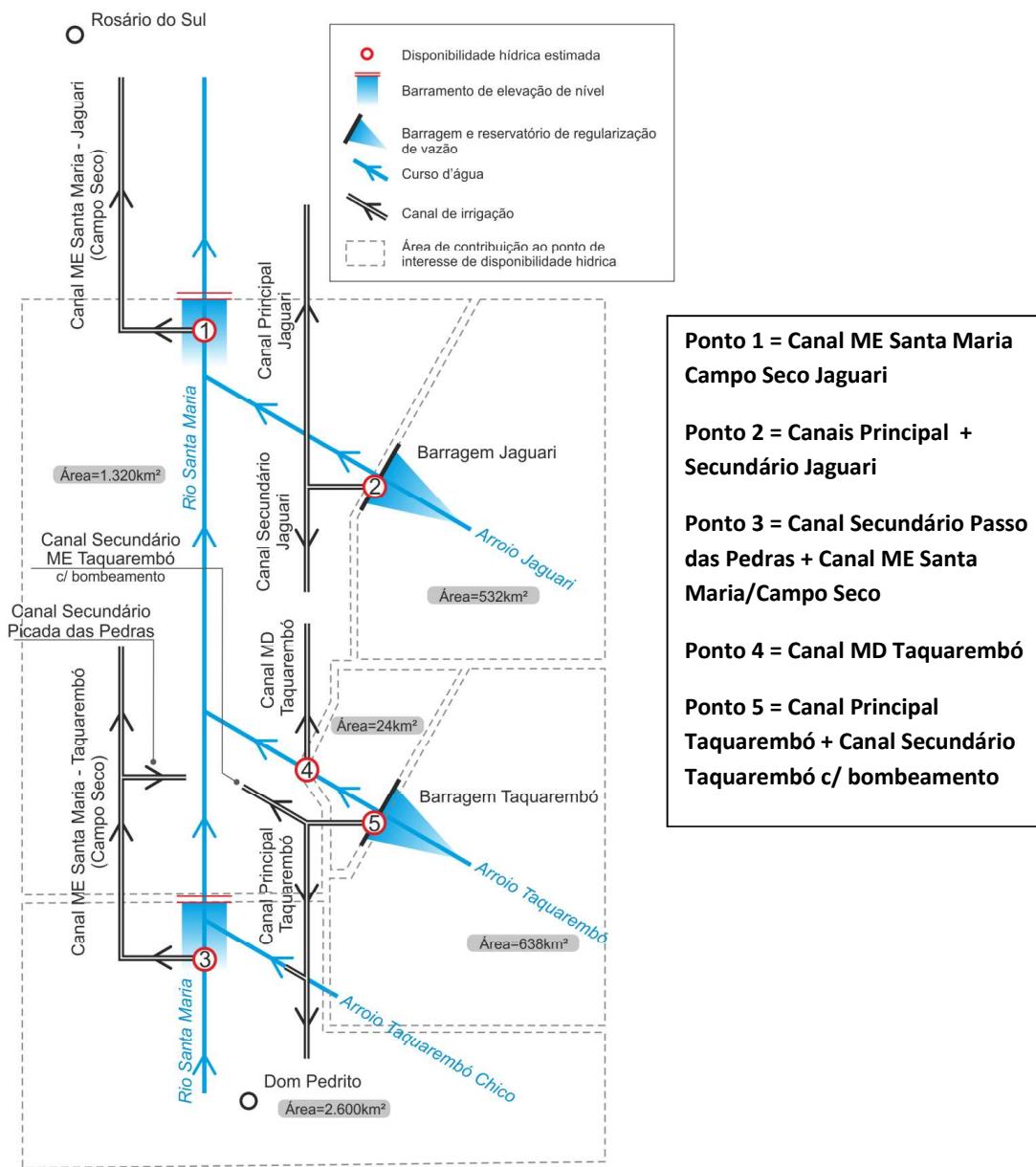


Figura 14 – Representação esquemática do sistema



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

3.4.1 Avaliação da disponibilidade hídrica - Dados Hidrológicos

Os dados hidrológicos utilizados no presente estudo foram obtidos da base de dados da Agência Nacional de Água (ANA) por meio do sistema Hidroweb. Foram encontrados para a região 3 postos fluviométricos conforme Tabela 2 e Figura 15.

Tabela 2 – Descrição dos postos fluviométricos na região do sistema Taquari-Taquarembó

Código	Nome	Rio	Município	Responsável	Operadora	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Área de Drenagem (km ²)
76251000	DOM PEDRITO	Rio Santa Maria	DOM PEDRITO	ANA	CPRM	- 30:58:13	-54:41:36	130	2.110
85470000	PONTE SÃO GABRIEL	Rio Vacacaí	SÃO GABRIEL	ANA	CPRM	- 30:21:35	-54:18:48	81,56	968,2
76260000	PASSO DO GUTERRES	Arroio Taquarembó	LAVRAS DO SUL	ANA	ANA	- 30:50:40	-54:32:39	160	577,4

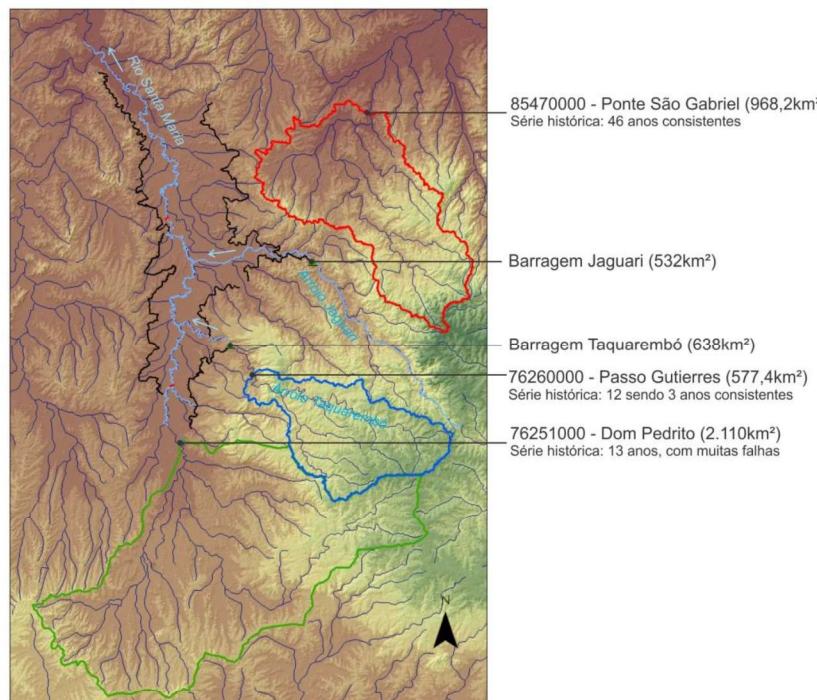


Figura 15 – Postos fluviométricos com dados disponíveis na região do sistema Jaguari-Taquarembó

O posto 85470000 – Ponte São Gabriel foi selecionado como o mais representativo para este estudo. Apesar de não pertencer à bacia do Rio Santa Maria, este posto está inserido na mesma região climática da área de estudo, além de ter área de contribuição semelhante com as áreas de contribuição aos 5 pontos de interesse em conhecer a disponibilidade hídrica e o nível de atendimento à demanda, que variam entre 500 e 2.000 km².



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Ao comparar as vazões mensais do posto selecionado com o posto mais representativo da vazão afluentes aos reservatórios Jaguari e Taquarembó, (posto 76260000 – Passo Gutierrez), observa-se que existe uma boa correlação para o período com dados consistentes deste segundo posto (entre os 60 e 120 meses na Figura 16).

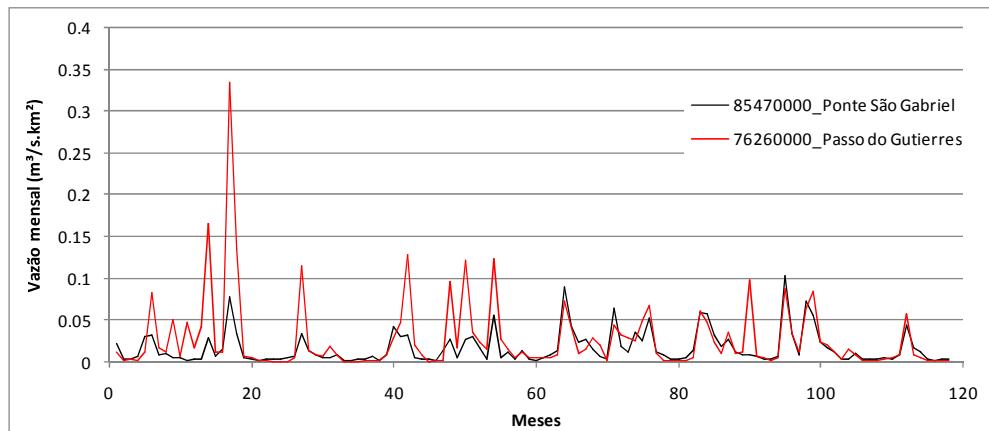


Figura 16 – Vazões mensais específicas nos postos Ponte São Gabriel e Passo Gutirres

O posto 85470000 – Ponte São Gabriel apresenta tendência crescente pouco significativa, sendo a série estacionária no período de observação (1967 a 2012).

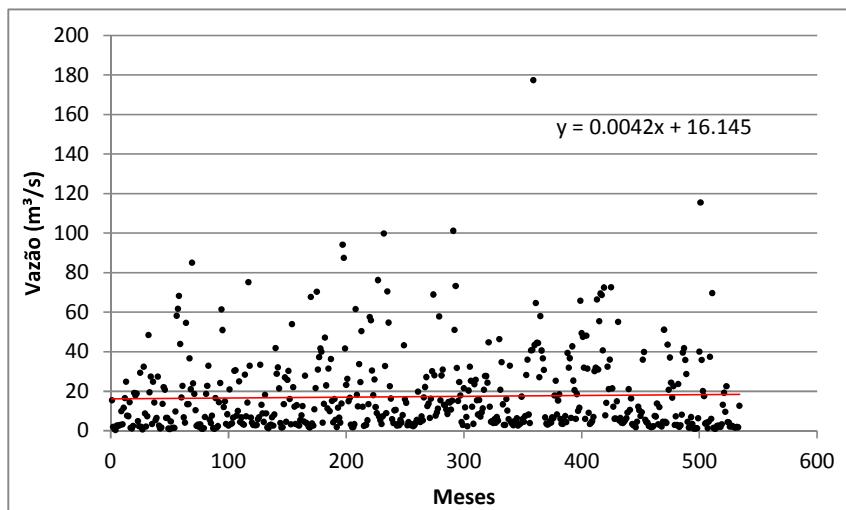


Figura 17 – Vazões mensais no posto 85470000 – Ponte São Gabriel



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

As evaporações mensais adotadas foram as medidas no posto 83980 – Bagé do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o período entre 2003 e 2012.

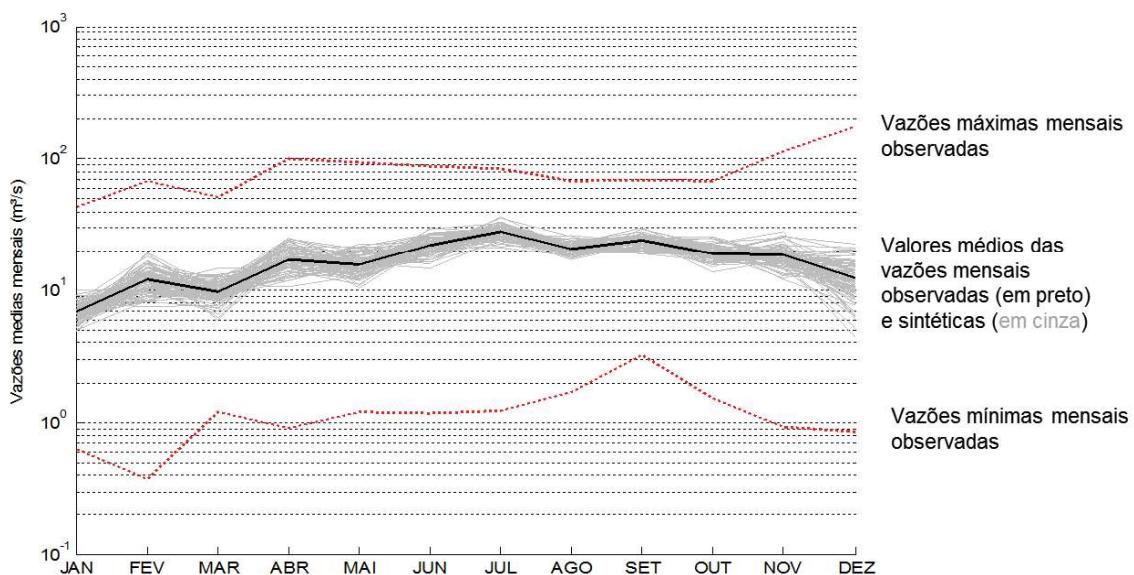
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
100,5mm	113,3mm	100,4mm	67,1mm	49,1mm	37,8mm	37,4mm	44,6mm	57,2mm	78,7mm	95,3mm	113,7mm

3.4.2 Avaliação da disponibilidade hídrica – Geração de séries sintéticas

A fim de conferir maior robustez estatística, optou-se por simular o sistema Jaguari-Taquarembó com séries de vazão sintéticas. A utilização de séries sintéticas permite simular o comportamento do sistema para diversos alternativas de regimes hidrológicos, já que a série observada é apenas uma das possíveis combinações seriadas de vazões.

O método de geração foi o de re-amostragem (Bootstrap), onde é realizado um sorteio com probabilidade de ocorrência igual para cada uma das vazões observadas e para cada mês. Deste modo obtem-se séries com vazões e dispersões estatisticamente homogêneas à da série observada, porém permitindo a ocorrência de períodos críticos distintos, com secas e cheias mais severas que as observadas.

Assim, foram geradas 100 séries sintéticas com 50 anos cada, e a partir destas, foram realizadas as simulações de balanço de massa para a obtenção dos índices de desempenho do sistema de irrigação. A Figura 18 e a tabela 3 mostram os valores de vazões mensais observadas e sintéticas:





Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 3 – Estatísticas das vazões médias mensais (m³/s) observadas no posto Ponte São Gabriel

JAN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
6,96	12,15	9,72	17,27	15,81	22,33	28,07	20,71	24,18	19,29	18,52	12,34	Média
7,66	16,48	11,01	25,78	19,46	22,57	19,96	16,54	17,55	15,01	22,12	29,02	Desvio Padrão
1,101	1,356	1,133	1,493	1,231	1,011	0,711	0,799	0,726	0,778	1,194	2,352	CV
43,3	67,7	51,1	101,2	94,1	87,5	85,0	68,2	69,6	68,7	115,4	177,4	Máxima
0,627	0,380	1,209	0,909	1,200	1,193	1,225	1,703	3,230	1,519	0,924	0,856	Mínima

A estimativa de vazões nos pontos de interesse foi efetuada através da relação de áreas, entre a área com dados disponíveis, utilizada para geração das séries sintéticas apresentadas na figura 18, e as áreas dos pontos de estudo (indicadas na Figura 14).

Dessa forma, as 100 séries sintéticas com 50 anos cada foram utilizadas para gerar 100 séries de vazões (50 anos cada série) afluentes a cada um dos 5 pontos de interesse para as simulações dinâmicas do sistema apresentados na figura 14.

3.4.3 Simulação dinâmica do sistema – Dados para simulação

A simulação do sistema Jaguari-Taquarembó foi realizada por balanço de massa mensal, onde os reservatórios realizam regularização da vazão e os atendimentos às demandas mensais nos 5 pontos de interesse (Figura 14).

A simulação inicia com os reservatórios cheios, ou seja, em suas cotas da crista do vertedor, assim os índices de atendimento à demanda não são contaminados pelo efeito do enchimento dos reservatórios.

Os dados adotados para simulação do sistema foram:

Vazões ecológicas:

Barragem Jaguari = 0,76m³/s

Barragem Taquarembó = 0,50m³/s

Nos demais pontos de tomada d'água adotou-se 5% da vazão média (0,892L/s.km)

Cotas e volumes:

Reservatório Jaguari – obtido do Memorial Descritivo (Revisão 3 – 15/10/2009) – item 4.6

Cota máxima = 153,6m

Cota mínima = 143,0m

Volume útil = 121,79hm³

Cotas e volumes:

Reservatório Taquarembó

Cota máxima = 157,0m - **obtido do Memorial Descritivo (abril/2010) – Quadro 3.2**



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Cota mínima = 133,7m – obtido a partir de levantamento topográfico

Volume útil = 116,41hm³ (obtido pela curva cota-volume)

As demandas agrícolas para atender a proposta alternativa da AUSM, para cada ponto e cada mês são apresentadas na Tabela 4. Uma descrição detalhada da estimativa destas demandas é apresentada no item 3.6 (Dimensionamento dos canais).

Tabela 4 – Demandas por ponto de captação para atender proposta AUSM (m³/s) - Canais não-revestidos

	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4	Pto 5
JAN	8,33	20,62	14,45	4,24	10,26
FEV	5,08	13,06	9,21	2,74	6,54
MAR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
ABR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
MAI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
JUN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
JUL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
AGO	0,21	0,26	0,14	0,02	0,38
SET	0,53	0,64	0,36	0,04	0,60
OUT	0,98	1,19	0,66	0,08	0,91
NOV	5,59	12,38	8,47	2,35	6,38
DEZ	9,72	21,95	15,08	4,23	11,08

3.4.4 Simulação dinâmica do sistema – Resultados das simulações

Para fins de avaliação da disponibilidade hídrica, a ordem de prioridades de atendimento com o volume útil nas simulações dinâmicas foram:

Barragem Jaguari:

- 1º Vazão ecológica no arroio Jaguari
- 2º Canal Principal + Secundário (Ponto 2)
- 3º Canal ME do Rio Santa Maria – Campo Seco (Ponto 1)

Barragem Taquarembó:

- 1º Vazão ecológica no arroio Taquarembó
- 2º Canal Principal Taquarembó + Canal MD Taquarembó + Canal Secundário ME Taquarembó c/ bombeamento (Pontos 4 e 5)
- 3º Canal ME do Rio Santa Maria (Ponto 3)

Essa priorização permitiu verificar o comportamento do sistema, no que se refere à disponibilidade hídrica, sob diferentes combinações de condições:



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

- sem os canais da ME do Rio Santa Maria (nesse caso, seria necessário buscar outras fontes para suprimento da ME) ou sistema completo;
- plantio normal ou antecipado;
- canal com ou sem revestimento.

A análise dos resultados das diferentes combinações permite indicar opções de gestão apropriadas para garantir atendimento às demandas, bem como verificar a necessidade de obras complementares.

A tabela 5 mostra o nível médio de atendimento às demandas mensais para as simulações do total de 100 séries com 50 anos de dados cada. O nível médio de atendimento significa que a demanda em cada ponto em média será atendida com o percentual indicado para cada mês.

Tabela 5 – Resultado das simulações
Níveis de atendimento da demanda (% médio de atendimento nas séries simuladas)
(demandas p/atender proposta da AUSM)

	Canais ME?	Plantio Antecipado?	Canal Revestido?		
SIM	X				
NÃO		X	X		
Mês	Captação1	Captação2	Captação3	Captação4	Captação5
Jan	67,1%	61,3%	83,1%	92,9%	92,9%
Fev	84,5%	80,6%	85,2%	77,7%	77,7%
Mar	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Abr	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Mai	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Jun	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Jul	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Ago	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Set	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Out	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Nov	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Dez	97,3%	99,6%	99,9%	100,0%	100,0%

Os resultados das simulações indicam vulnerabilidades importantes para abastecimento dos Canais da ME do Santa Maria – Jaguari (Valores destacados em vermelho e em amarelo para a captação 1) e também para os Canais Jaguari Principal + Secundário (Valores destacados em vermelho e em amarelo para a captação 2), no período janeiro-fevereiro com sistemas de plena demanda. Os Canais do Sistema Taquarembó também apresentam vulnerabilidades (valores destacadas em amarelo para as captações 3, 4 e 5).



25220000011090

Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Conclui-se, portanto, haver necessidade de avaliar cenários alternativos, buscando maior garantia de atendimento às demandas, incluindo:

- avaliar o efeito de redução da vazão ecológica;
- reservação adicional, para garantir suprimento de demandas não atendidas;
- avaliar a possibilidade de antecipar o calendário agrícola, buscando redução nas demandas;
- Verificar efeitos de revestimento dos canais na redução das perdas.



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

3.5 CENÁRIOS ALTERNATIVOS PROPOSTOS

As seguintes alternativas são avaliadas:

- Redução da vazão ecológica;
- Reservação adicional;
- Alternativa de redução da vazão ecológica;
- Alternativa com plantio antecipado;
- Alternativa com e sem revestimento de argila para redução de perdas.

3.5.1 Alternativa: redução da vazão ecológica

Para avaliar o efeito da vazão ecológica, o sistema foi simulado com valor de vazão ecológica reduzido. Para tanto, as simulações foram efetuadas considerando a vazão ecológica igual ao menor valor observado nas séries históricas de vazão afluente aos reservatórios:

Qeco = 0,26 m³/s.

Os resultados das simulações da alternativa de redução da vazão ecológica são apresentados na tabela 6.

Tabela 6 – Resultado das simulações
ALTERNATIVA DE REDUÇÃO DA VAZÃO ECOLÓGICA
Níveis de atendimento da demanda (% médio de atendimento nas séries simuladas)

Mês	Captação1	Captação2	Captação3	Captação4	Captação5
Jan	69,4%	65,8%	84,6%	93,8%	93,8%
Fev	87,5%	82,5%	86,8%	79,7%	79,7%
Mar	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Abr	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Mai	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Jun	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Jul	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Ago	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Set	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Out	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Nov	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Dez	98,7%	99,8%	99,9%	100,0%	100,0%

Observam-se alterações mínimas nos níveis de atendimento, em relação às simulações do sistema pleno, com as vazões ecológicas dos projetos básicos.

Esses resultados mostram que a influência da vazão ecológica nos resultados das simulações é muito pequena, o que pode ser explicado pela pequena magnitude dos valores de vazão ecológica em comparação com as demandas mensais.



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

3.5.2 Reservação adicional

Foi avaliada a possibilidade das barragens do Jaguari e Taquarembó atenderem as demandas do sistema na MD do rio Santa Maria, buscando-se outras alternativas de reservação adicional para atendimento da MD do rio Santa Maria. Para tanto, o sistema foi simulado sem os canais da ME do rio Santa Maria. Os resultados das simulações são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Resultado das simulações
Níveis de atendimento da demanda (% médio de atendimento nas séries simuladas)
(Sem atender canais da ME do rio Santa Maria)

	Canais ME?	Plantio Antecipado?	Canal Revestido?		
SIM					
NÃO	X	X	X		
Mês	Captação1	Captação2	Captação3	Captação4	Captação5
Jan	-	87,9%	-	100,0%	100,0%
Fev	-	84,3%	-	99,9%	99,9%
Mar	-	100,0%	-	100,0%	100,0%
Abr	-	100,0%	-	100,0%	100,0%
Mai	-	100,0%	-	100,0%	100,0%
Jun	-	100,0%	-	100,0%	100,0%
Jul	-	100,0%	-	100,0%	100,0%
Ago	-	100,0%	-	100,0%	100,0%
Set	-	100,0%	-	100,0%	100,0%
Out	-	100,0%	-	100,0%	100,0%
Nov	-	100,0%	-	100,0%	100,0%
Dez	-	99,8%	-	100,0%	100,0%

Os resultados das simulações indicam que o sistema Jaguari-Taquarembó tem condições de atender as demandas dos canais do Taquarembó na MD do rio Santa Maria, com mais de 99% de garantia. Porém, observam-se vulnerabilidades nos canais do Jaguari na MD do rio Santa Maria, nos meses de janeiro e fevereiro.

Esses resultados indicam que uma reservação adicional deveria atender as demandas da ME do Santa Maria, para os canais do Jaguari e Taquarembó e também ajudar a cobrir os déficits dos canais do Jaguari na MD do rio Santa Maria.

Como alternativas para fornecimento de água para os Canais ME Santa Maria (Campo Seco), foram listadas as seguintes barragens:

- barragem do Arroio Taquarembó-Chico;
- barragem do Arroio Santo Antônio;
- barragem do Arroio Ivaró;
- barragem do Arroio do Salso;