



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



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

- barragens do Arroio Santa Maria Chico.

Dessa forma, priorizam-se as obras do Canal Principal e do Canal Secundário, que serão abastecidos pela Barragem do Jaguari, enquanto que o Canal ME Santa Maria - Jaguari (Campo Seco) ficaria contingenciado à execução das obras dos barramentos adicionais.

A localização das barragens propostas é apresentada na Figura 19.

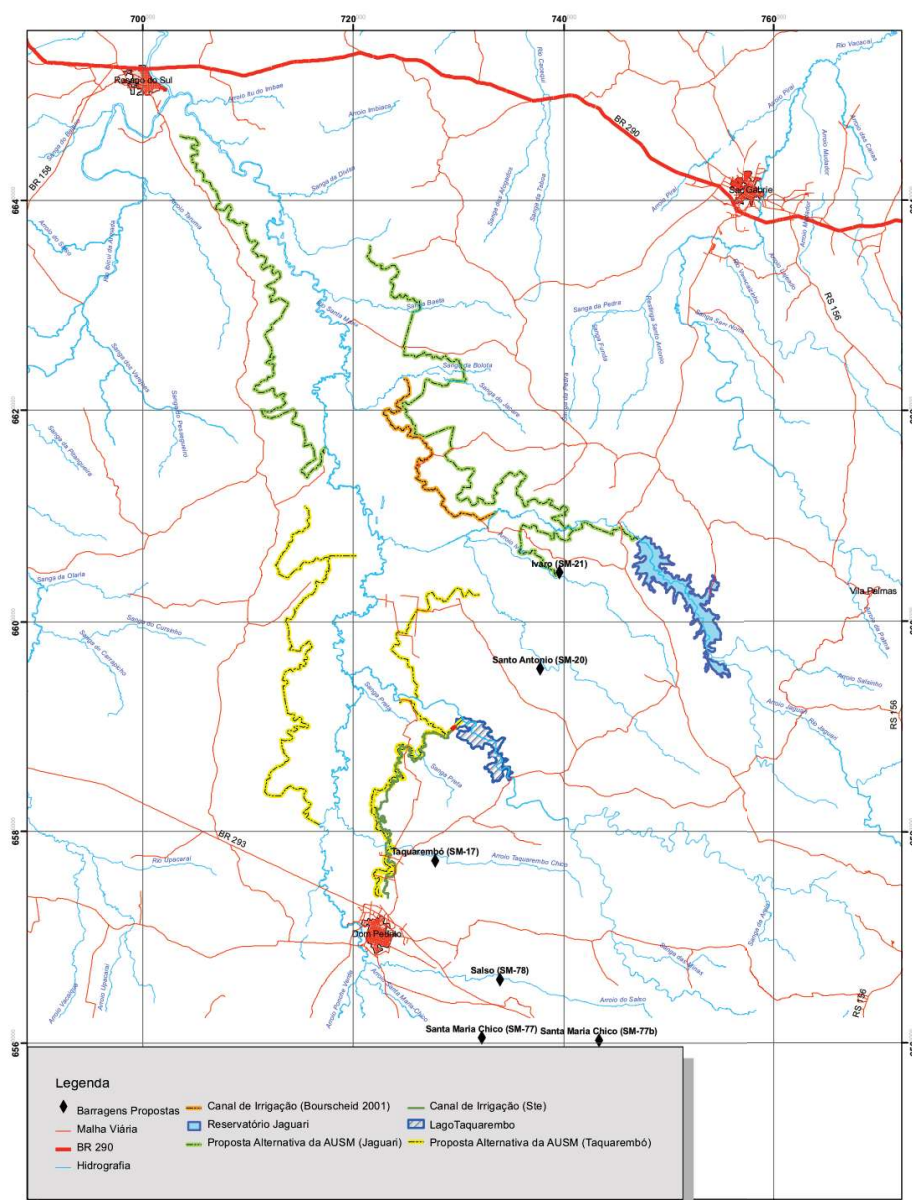


Figura 19 –Localização das barragens propostas.



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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Dentre essas barragens, a mais opção mais indicada é a de reservação complementar pelo Taquarembó-Chico, que garantiria 50 hm<sup>3</sup> de reservação adicional. Assim, teríamos: atendimento da MD do rio Sta Maria pelas barragens existentes e ME do rio Sta Maria pela sobra de vazão do Taquarembó + Taquarembó-chico.

### 3.5.3 Alternativa: plantio antecipado

O sistema foi simulado com plantio antecipado para as culturas de arroz e soja, em todas propriedades. A tabela 8 mostra os valores de demanda da alternativa de plantio antecipado.

Tabela 8: DEMANDAS PLANTIO **ANTECIPADO** CANAIS **NÃO REVESTIDOS**

	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4	Pto 5
<b>JAN</b>	1,73	2,11	1,16	0,14	1,44
<b>FEV</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
<b>MAR</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
<b>ABR</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
<b>MAI</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
<b>JUN</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
<b>JUL</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
<b>AGO</b>	0,21	0,26	0,14	0,02	0,38
<b>SET</b>	2,13	5,82	4,15	1,27	3,02
<b>OUT</b>	5,32	12,20	8,41	2,38	6,25
<b>NOV</b>	7,04	15,04	10,20	2,77	7,74
<b>DEZ</b>	6,49	14,34	9,80	2,71	7,35

Com adoção de plantio antecipado observa-se uma redução de aproximadamente 30% nas demandas máximas, em comparação com o plantio tradicional.

Os resultados das simulações da alternativa de plantio antecipado são apresentados na tabela 9.



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



## RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 9 – Resultado das simulações  
ALTERNATIVA DE PLANTIO ANTECIPADO  
Níveis de atendimento da demanda (% médio de atendimento nas séries simuladas)

	Canais ME?	Plantio Antecipado?	Canal Revestido?		
SIM	X	X			
NÃO			X		
Mês	Captação1	Captação2	Captação3	Captação4	Captação5
Jan	99,6%	96,5%	99,9%	99,9%	99,9%
Fev	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
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	99,8%	99,9%	100,0%	100,0%	100,0%
Dez	95,3%	97,8%	99,9%	100,0%	100,0%

Os resultados das simulações indicam que a adoção de plantio antecipado pode permitir suprimento das demandas com mais de 95% de garantia de atendimento.

Esses resultados corroboram uma prática que já é usual na região, uma vez que o plantio antecipado já é prática corriqueira em muitas propriedades, em função dos níveis de água disponíveis no início da temporada de plantio.

Destaque-se, porém, que a simulação foi efetuada com adoção de plantio antecipado em 100% das propriedades, simultaneamente. Resultados distintos seriam obtidos se outros percentuais de adoção da prática fossem testados. Mesmo assim, os resultados obtidos já demonstram que níveis altos de garantia de atendimento das demandas podem ser obtidos a partir de técnicas de manejo adequadas.



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



## RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

### 3.5.4 Alternativa: redução de perdas por revestimento com material argiloso

A redução de perdas por infiltração pode ser obtida a partir do revestimento do canal.

A colocação de uma camada de argila compactada no fundo e nas paredes pode garantir:

- Com 7,5 cm – redução de 73% de perdas por infiltração
- Com 15 cm – redução de 87% de perdas por infiltração

A colocação de placas de concreto pode garantir:

- Redução de 97% das perdas por infiltração

A tabela 10 mostra as demandas para a opção de revestimento com camada de 15cm de argila compactada, e a tabela 11 apresenta os resultados das simulações para esta alternativa.

Tabela 10: DEMANDAS PLANTIO NORMAL CANAIS REVESTIDOS

	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4	Pto 5
<b>JAN</b>	7,01	17,35	12,15	3,56	8,63
<b>FEV</b>	4,28	10,98	7,75	2,31	5,50
<b>MAR</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
<b>ABR</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
<b>MAI</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
<b>JUN</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
<b>JUL</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
<b>AGO</b>	0,18	0,22	0,12	0,01	0,32
<b>SET</b>	0,45	0,54	0,30	0,04	0,51
<b>OUT</b>	0,82	1,00	0,55	0,07	0,77
<b>NOV</b>	4,70	10,41	7,12	1,97	5,36
<b>DEZ</b>	8,17	18,46	12,68	3,55	9,32

Observa-se uma redução de 15% nas demandas com canais revestidos, em comparação com o plantio tradicional.





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



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 11 – Resultado das simulações  
ALTERNATIVA DE REVESTIMENTO DE CANAL  
Níveis de atendimento da demanda (% médio de atendimento nas séries simuladas)

	Canais ME?	Plantio Antecipado?	Canal Revestido?
SIM	X		X
NÃO		X	

Mês	Captação1	Captação2	Captação3	Captação4	Captação5
Jan	76,8%	84,8%	96,8%	99,5%	99,5%
Fev	88,2%	79,6%	93,1%	92,1%	92,1%
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	99,6%	99,9%	100,0%	100,0%	100,0%

Os resultados das simulações com revestimento dos canais apontam vulnerabilidades para abastecimento dos Canais Jaguari Principal + Secundário, no período janeiro-fevereiro.

Deve-se destacar que esta alternativa pode ser importante no Taquarembó, devido ao tipo de formação geológica. Por este motivo, a alternativa de revestimento de canal é testada em combinação com o plantio antecipado. A tabela 12 mostra os valores de demandas mensais para esta combinação, e a tabela 13 apresenta os níveis de atendimento das demandas obtidos nas simulações dinâmicas do sistema Jaguari-Taquarembó.

Tabela 12: DEMANDAS CANAIS REVESTIDOS + PLANTIO ANTECIPADO

	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4	Pto 5
JAN	1,46	1,77	0,98	0,12	1,21
FEV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
MAR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
ABR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
MAI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
JUN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
JUL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
AGO	0,18	0,22	0,12	0,01	0,32
SET	1,79	4,89	3,49	1,07	2,54
OUT	4,47	10,26	7,08	2,00	5,25
NOV	5,92	12,65	8,57	2,33	6,51
DEZ	5,46	12,06	8,24	2,28	6,18



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



## RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 13 – Resultado das simulações  
ALTERNATIVA DE REVESTIMENTO DE CANAL + PLANTIO ANTECIPADO  
Níveis de atendimento da demanda (% médio de atendimento nas séries simuladas)

	Canais ME?	Plantio Antecipado?	Canal Revestido?		
SIM	X	X	X		
NÃO					
Mês	Captação1	Captação2	Captação3	Captação4	Captação5
Jan	99,9%	99,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Fev	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
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	99,4%	99,7%	100,0%	100,0%	100,0%

Os resultados das simulações indicam que o sistema com alternativa de revestimento de canal em combinação com o plantio antecipado atende as demandas com mais de 99% de garantia.

### 3.5.5 Quadro resumo dos cenários simulados

A tabela 14 apresenta um resumo das simulações, incluindo as máximas demandas e os níveis de atendimento mínimos para cada cenário.



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



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 14 – Resumo dos resultados das simulações – Sistema Taquarembó  
(Q tomada d'água = 13,66 m<sup>3</sup>/s)

Características da simulação	Máxima demanda (m <sup>3</sup> /s)	Menor nível de atendimento	Observações
<b>Cenário Original:</b> Sistema completo Plantio Normal Canais sem revestimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canais na MD do rio Santa Maria: 15,31 m<sup>3</sup>/s (+ Qeco =0,50m<sup>3</sup>/s)</li> <li>- Canais na ME do rio Santa Maria: 15,08 m<sup>3</sup>/s (+Qeco =0,50m<sup>3</sup>/s)</li> </ul> <p>Q TOTAL: 31,39 m<sup>3</sup>/s</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canais na MD do rio Santa Maria: 77,7%</li> <li>- Canais na ME do rio Santa Maria: 83,1%</li> </ul>	<p>necessidade de alterações na tomada d'água, ou de construção de tomada d'água complementar.</p> <p>Níveis de atendimento insuficientes</p>
Sistema completo Plantio Normal Canais sem revestimento <b>Redução da Q ecológica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canais na MD do rio Santa Maria: 15,31 m<sup>3</sup>/s (+ Qeco =0,26m<sup>3</sup>/s)</li> <li>- Canais na ME do rio Santa Maria: 15,08 m<sup>3</sup>/s (+Qeco =0,26m<sup>3</sup>/s)</li> </ul> <p>Q TOTAL: 30,91 m<sup>3</sup>/s</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canais na MD do rio Santa Maria: 79,7%</li> <li>- Canais na ME do rio Santa Maria: 84,6%</li> </ul>	<p>Necessidade de alterações na tomada d'água, ou de construção de tomada d'água complementar</p> <p>Níveis de atendimento insuficientes</p>
<b>Sem canais ME Sta. Maria</b> Plantio Normal Canais sem revestimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canais na MD do rio Santa Maria: 15,31 m<sup>3</sup>/s (+ Qeco =0,50m<sup>3</sup>/s)</li> <li>- Canais na ME do rio Santa Maria: <b>Atendidos por reservação adicional</b></li> </ul> <p>Q TOTAL: 15,81 m<sup>3</sup>/s</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canais na MD do rio Santa Maria: 99,9%</li> <li>- Canais na ME do rio Santa Maria: <b>Atendido por reservação adicional</b></li> </ul>	<p>Necessidade de reservação adicional para atender canais na ME do rio Santa Maria</p> <p>Necessidade (pouca) de alterações na tomada d'água</p> <p>Garante atendimento adequado para canais na MD do rio Santa Maria</p>
Sistema completo <b>Plantio Antecipado</b> Canais sem revestimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canais na MD do rio Santa Maria: 10,51 m<sup>3</sup>/s (+ Qeco =0,50m<sup>3</sup>/s)</li> <li>- Canais na ME do rio Santa Maria: 10,20 m<sup>3</sup>/s (+Qeco =0,50m<sup>3</sup>/s)</li> </ul> <p>Q TOTAL: 21,71 m<sup>3</sup>/s</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canais na MD do rio Santa Maria: 99,9 %</li> <li>- Canais na ME do rio Santa Maria: 99,9 %</li> </ul>	<p>Necessidade de alterações na tomada d'água, ou de construção de tomada d'água complementar</p> <p>Garante atendimento adequado das vazões sem reservação adicional.</p>
Sistema completo Plantio Normal <b>Canais revestidos c/ argila</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canais na MD do rio Santa Maria: 12,87 m<sup>3</sup>/s (+ Qeco =0,50m<sup>3</sup>/s)</li> <li>- Canais na ME do rio Santa Maria: 12,68 m<sup>3</sup>/s (+Qeco =0,50m<sup>3</sup>/s)</li> </ul> <p>Q TOTAL: 26,52 m<sup>3</sup>/s</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canais na MD do rio Santa Maria: 92,1 %</li> <li>- Canais na ME do rio Santa Maria: 93,1 %</li> </ul>	<p>Necessidade de alterações na tomada d'água, ou de construção de tomada d'água complementar</p> <p>Garante atendimento adequado das vazões sem reservação adicional.</p>
Sistema completo <b>Plantio Antecipado</b> <b>Canais revestidos c/ argila</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canais na MD do rio Santa Maria: 8,84 m<sup>3</sup>/s (+ Qeco =0,50m<sup>3</sup>/s)</li> <li>- Canais na ME do rio Santa Maria: 8,57 m<sup>3</sup>/s (+Qeco =0,50m<sup>3</sup>/s)</li> </ul> <p>Q TOTAL: 18,41 m<sup>3</sup>/s</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canais na MD do rio Santa Maria: 100 %</li> <li>- Canais na ME do rio Santa Maria: 100 %</li> </ul>	<p>Necessidade de alterações na tomada d'água, ou de construção de tomada d'água complementar</p> <p>Garante atendimento total das vazões sem reservação adicional.</p>



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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Conforme descrito no item 2, a vazão de dimensionamento da tomada de água proposta no Projeto Básico é de 13,66 m<sup>3</sup>/s (9,91 m<sup>3</sup>/s lançados em canal gravitário, através de estruturas de adução localizadas no reservatório da barragem e canal de distribuição, e 3,75 m<sup>3</sup>/s lançados diretamente no arroio Taquarembó, através de canal de fuga). Comparando essa vazão com as máximas demandas simuladas, os resultados das simulações indicam que, para obtenção de níveis de atendimentos adequados das demandas com as estruturas propostas no Projeto Básico, há necessidade de reservação adicional e/ou de alteração na tomada d'água (ou tomada d'água complementar), para todos cenários propostos. Apresenta níveis de atendimento insuficiente apenas para as simulações de plena demanda do cenário original (com Sistema completo, Plantio Normal e Canais sem revestimento), ou no cenário alternativo de redução da vazão ecológica; em todos os demais cenários alternativos (reservação adicional, plantio antecipado ou revestimento de canais), as simulações indicam níveis adequados de atendimento. Esses resultados mostram que, além da construção das estruturas de fornecimento e condução da água, um gerenciamento adequado dos recursos hídricos é fundamental para garantir o bom funcionamento do sistema.



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



## RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

### 3.6 DIMENSIONAMENTO DOS CANAIS

O dimensionamento dos canais dos sistemas Taquarembó e Jaguari baseou-se nas vazões necessárias para atender as demandas dos planos de cultivo de cada um dos agricultores cadastrados pela AUSM, nas condições propostas de plantio normal.

Para cada cultura de forma isolada, ou conjunto de culturas, fez-se a avaliação das necessidades hídricas a partir da evapotranspiração, estimada com o uso da equação de Thornthwaite, e da precipitação efetiva, estimada pela equação de Blanney-Criddle. Os dados utilizados foram da estação localizada na estância Guatambu, em Dom Pedrito, dentro da área de influência dos sistemas. Apesar da pequena série, essa estação foi utilizada pela sua localização privilegiada, pela atualidade da série e por apresentar dados relativos a três períodos de estiagem recente, 2005/06, 2010/11 e 2011/12. A tabela 15 apresenta os consumos de água para as principais culturas do sistema Jaguari/Taquarembó

Tabela 15 - Consumo de água para as principais culturas em m³/hectare				
Safr	Cultura			
	milho	soja	arroz	fruticultura
04/05	439,87	2.928,03	8.372,96	3.746,47
05/06	3.832,91	4.286,83	11.038,09	7.902,78
07/08	731,83	3.147,24	9.176,81	7.700,96
08/09	3.950,69	4.908,57	11.951,30	10.523,21
09/10	3.936,71	4.794,06	11.706,33	10.718,59
10/11	4.009,40	5.067,44	12.299,81	10.889,84
11/12	4.117,39	4.988,33	12.225,75	10.840,16
Média	3.002,69	4.302,93	10.967,29	8.903,15
Máxima	4.117,39	5.067,44	12.299,81	10.889,84
Mínimo	439,87	2.928,03	8.372,96	3.746,47

Da série de valores de necessidade hídrica calculados para cada cultura e cada mês, foram selecionados os estimados para 90% de permanência, considerados aqueles que foram superados em 90% do tempo pelo valor adotado. Os valores líquidos considerados são apresentados na tabela 16, a seguir:



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



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 16 - Lâminas líquidas (mm) necessárias para atender as necessidades das culturas

	milho	soja	arroz	fruticultura
Janeiro	-	109,84	190,38	131,80
Fevereiro	-	53,36	118,59	106,73
Março	-	-	-	92,45
Abril	-	-	-	60,79
Maio	-	-	-	45,04
Junho	-	-	-	27,85
Julho	-	-	-	29,61
Agosto	19,48	-	-	43,84
Setembro	53,89	-	-	57,06
Outubro	88,75	-	-	69,45
Novembro	100,64	83,87	128,60	100,64
Dezembro	76,38	140,03	190,95	114,57
<b>TOTAL</b>	<b>339,14</b>	<b>387,10</b>	<b>628,52</b>	<b>879,84</b>

As necessidades líquidas foram transformadas em necessidades brutas pela divisão da eficiência dos métodos utilizados, considerando-se 50% para o método de inundação e 75% para o de aspersão. As lâminas brutas necessárias para atendimento das necessidades hídricas das culturas são apresentadas na tabela 17.

Tabela 17 - Lâminas brutas (mm) para atendimento das necessidades hídricas das culturas

	milho	soja	arroz	fruticultura
Janeiro	-	146,45	380,77	175,74
Fevereiro	-	71,15	237,18	142,31
Março	-	-	-	123,27
Abril	-	-	-	81,05
Maio	-	-	-	60,06
Junho	-	-	-	37,13
Julho	-	-	-	39,49
Agosto	25,98	-	-	58,45
Setembro	71,85	-	-	76,08
Outubro	118,33	-	-	92,60
Novembro	134,19	111,82	257,19	134,19
Dezembro	101,84	186,71	381,90	152,76

Por fim, fez-se o cálculo de vazão para um período de 20 horas por dia, considerando-se a necessidade de bombeamento em alguns canais dos sistemas. Da análise dos resultados, apresentados na tabela 18, o mês de dezembro foi selecionado para o dimensionamento do canal e demais estruturas.





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



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 18 - Vazões específicas (l.s <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup> ) para as principais culturas				
	milho	soja	arroz	fruticultura
Janeiro	-	0,66	1,71	0,79
Fevereiro	-	0,32	1,06	0,64
Março	-	-	-	0,55
Abril	-	-	-	0,36
Maio	-	-	-	0,27
Junho	-	-	-	0,17
Julho	-	-	-	0,18
Agosto	0,12	-	-	0,26
Setembro	0,32	-	-	0,34
Outubro	0,53	-	-	0,41
Novembro	0,60	0,50	1,15	0,60
<b>Dezembro</b>	<b>0,46</b>	<b>0,84</b>	<b>1,71</b>	<b>0,68</b>

A partir das declarações dos produtores para arranjos entre culturas, fez-se a estimativa de uma vazão específica que representasse a necessidade média entre as culturas. Para a pastagem, por não conhecer-se qual seria a espécie específica ou qual o tipo de manejo, considerou-se o mesmo valor encontrado para a fruticultura. Os resultados destas estimativas são apresentados na tabela 19.

Tabela 19 - Vazões específicas para dimensionamento dos canais (l.s<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup>)

Arroz	1,71
Arroz / Soja	1,27
Arroz / Soja / Pastagem	1,08
Fruticultura	0,68
Milho	0,46
Pastagem	0,68
Soja	0,84
Soja / Milho	0,65
Soja / Milho / Pastagem	0,66
Soja / Pastagem	0,76

Com base nos valores apresentados na tabela 19, e considerando-se a posição de cada produtor ao longo do traçado dos canais, fez-se a determinação da vazão necessária para atendimento das demandas. A vazão assim calculada foi utilizada para definir os elementos hidráulicos característicos, considerando-se a ocorrência de um escoamento uniforme para trechos de canal. Em função destes resultados, estabeleceu-se que cada canal terá entre três e seis seções tipo, possibilitando um manejo mais flexível da água ao longo do mesmo. Sugere-se que a AUSM e a SOP promovam um evento de confirmação das intenções de plantio para subsidiar a elaboração do projeto executivo.

A base menor dos canais foi definida a partir de um valor de 4m, entendido como suficiente para o trânsito de maquinário para realizar a limpeza dos canais de maior



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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

largura superior. Esse valor foi reduzido sempre que a relação altura de água/base ficava inferior a 0,5. A inclinação dos taludes foi fixada em 2h:1v, coerente com solos siltosos. Esse valor deve ser revisto pelo projeto executivo a partir dos dados geotécnicos obtidos na sondagem. O coeficiente de rugosidade da equação de Manning foi fixado em 0,0225, concordante com canais em terra não revestidos e em condições regulares.

A partir da determinação do perímetro molhado e dos comprimentos de cada seção tipo de canal, foram estimadas as perdas de água em cada canal, adotando-se um valor referencial de  $0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ , sendo essa referência concordante com canais em aterro em solo siltoso.

A realização de sondagens geotécnicas permitirá validar esse referencial ou sugerir sua alteração. Devido à expressividade das perdas, da ordem de 17% da vazão, fez-se a análise da validade de incluir um revestimento dos canais com argila compactada, a qual, segundo a bibliografia consultada, permitirá uma redução de até 87% das perdas estimadas sem revestimento.

Com os valores das perdas, foram definidas as vazões iniciais de cada trecho de canal, de forma a atender às demandas localizadas nesses trechos e as perdas estimadas.

A Figura 20 mostra os trechos de cada seção tipo para os canais do sistema Taquarembó.



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



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

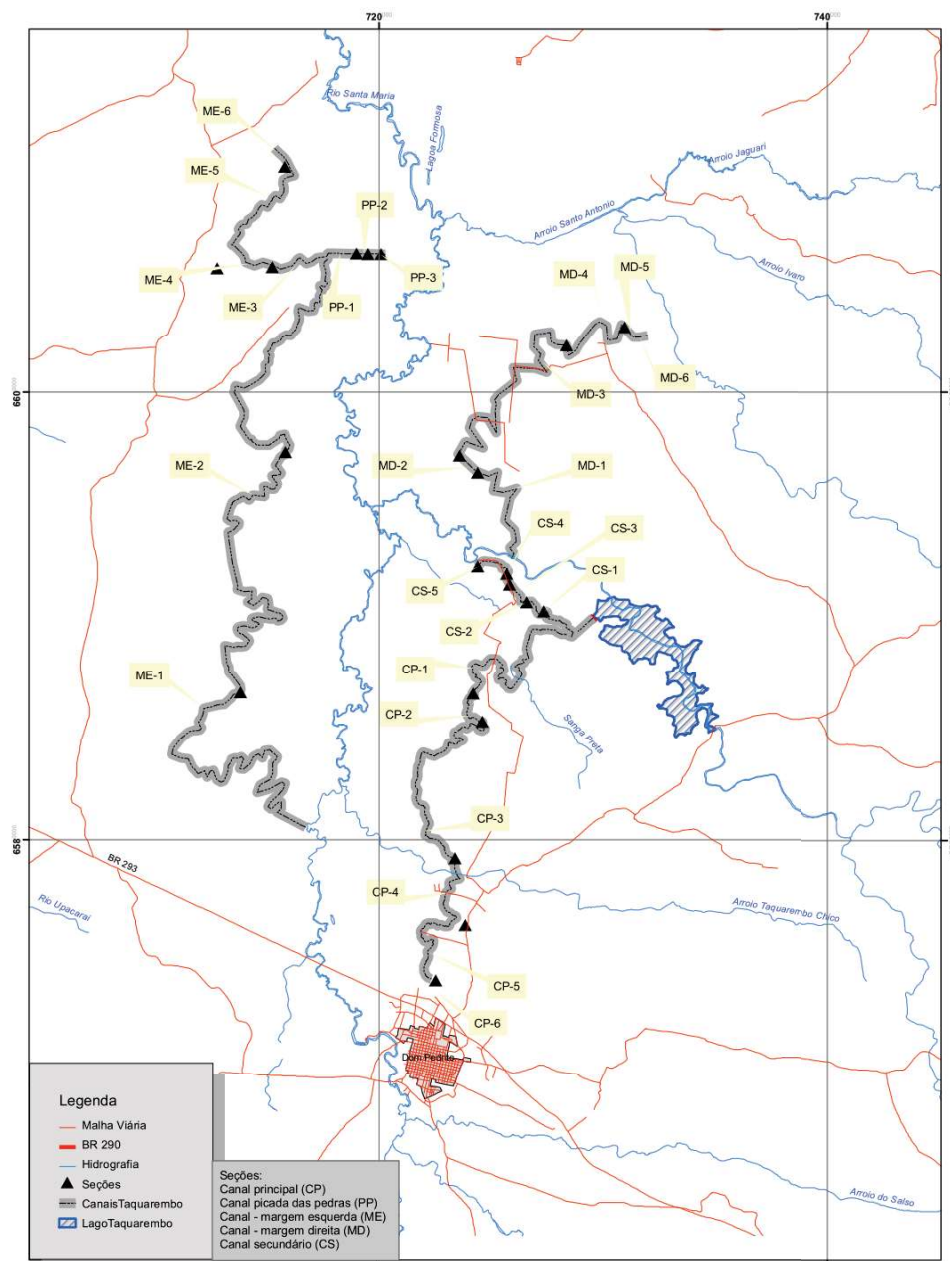


Figura 20 - Trechos de cada seção tipo para os canais do sistema Taquarembó.

As tabelas a seguir apresentam os elementos das seções tipo apresentadas na figura 20, considerando duas situações: uma sem revestimento e outra com uma camada compactada de argila, com espessura de 0,15 m, para a qual as perdas foram consideradas como 13% do valor inicial.



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

RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 20.a - Seções transversais tipo - Canal Principal do Taquarembó – sem revestimento de argila

Seção Tipo	Vazões necessárias (m³/s)	Distância da origem (m)	Vazão inicial (m³/s)	b (m)	h (m)	B (m)	PM (m)	Área (m²)	R (m)	I (m/m)	V (m/s)	Q real(m³/s)
CP-1	23,50	11.248	25,200	4,00	3,41	17,64	19,25	36,90	1,92	0,0001	0,69	25,30
CP-2	19,72	13.223	20,796	4,00	3,12	16,48	17,95	31,95	1,78	0,0001	0,65	20,85
CP-3	18,35	23.043	19,316	4,00	3,02	16,08	17,51	30,32	1,73	0,0001	0,64	19,44
CP-4	16,74	27.902	17,209	4,00	2,86	15,44	16,79	27,80	1,66	0,0001	0,62	17,29
CP-5	2,75	33.900	2,985	3,00	1,34	8,36	8,99	7,61	0,85	0,0001	0,40	3,03
CP-6	1,70	36.052	1,778	3,00	1,03	7,12	7,61	5,21	0,69	0,0001	0,35	1,80

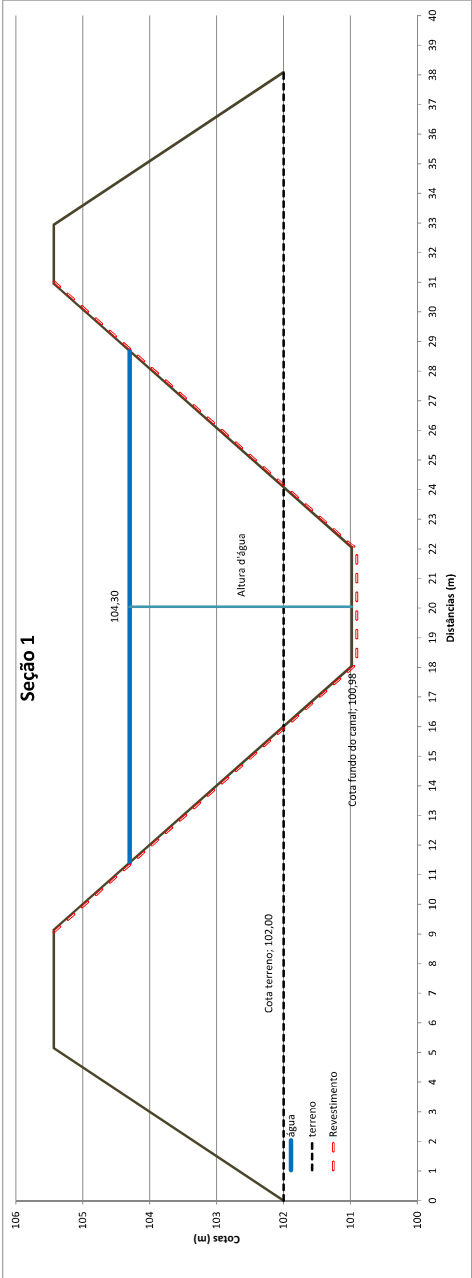


Figura 21 – Canal Principal do Taquarembó - Seção transversal tipo 1



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



**RELATÓRIO TÉCNICO FINAL**

**Tabela 20.b - Seções transversais tipo - Canal Principal do Taquarembó – com revestimento de camada compactada de 15 cm de argila**

Seção Tipo	Vazões necessárias (m³/s)	Distância da origem (m)	Vazão inicial (m³/s)	b (m)	h (m)	B (m)	PM (m)	Área (m²)	R (m)	I (m/m)	V (m/s)	Q real(m³/s)
CP-1	23,50	11.248	23.800	4,00	3,32	17,28	18,85	35,32	1,87	0,0001	0,68	23,87
CP-2	19,72	13.223	19,943	4,00	3,06	16,24	17,68	30,97	1,75	0,0001	0,65	20,00
CP-3	18,35	23.043	18,552	4,00	2,96	15,84	17,24	29,36	1,70	0,0001	0,63	18,61
CP-4	16,74	27.902	16,879	4,00	2,83	15,32	16,66	27,34	1,64	0,0001	0,62	16,91
CP-5	2,75	33.900	2,860	3,00	1,31	8,24	8,86	7,36	0,83	0,0001	0,39	2,89
CP-6	1,70	36.052	1,790	3,00	1,03	7,12	7,61	5,21	0,69	0,0001	0,35	1,80

**Tabela 21.a - Seções transversais tipo - Canal secundário Picada das Pedras – sem revestimento de argila**

Seção Tipo	Vazões necessárias (m³/s)	Distância da origem (m)	Vazão inicial (m³/s)	b (m)	h (m)	B (m)	PM (m)	Área (m²)	R (m)	I (m/m)	V (m/s)	Q real(m³/s)
PP-1	1,56	1.498	1,650	2,00	1,13	6,52	7,05	4,81	0,68	0,0001	0,34	1,66
PP-2	1,07	1.977	1,123	2,00	0,94	5,76	6,20	3,65	0,59	0,0001	0,31	1,14
PP-3	0,78	2.661	0,824	1,50	0,89	5,06	5,48	2,92	0,53	0,0001	0,29	0,85

**Tabela 21.b - Seções transversais tipo - Canal secundário Picada das Pedras – com revestimento de camada compactada de 15 cm de argila**

Seção Tipo	Vazões necessárias (m³/s)	Distância da origem (m)	Vazão inicial (m³/s)	b (m)	h (m)	B (m)	PM (m)	Área (m²)	R (m)	I (m/m)	V (m/s)	Q real(m³/s)
PP-1	1,56	1.498	1,570	2,00	1,11	6,44	6,96	4,68	0,67	0,0001	0,34	1,60
PP-2	1,07	1.977	1,070	2,00	0,92	5,68	6,11	3,53	0,58	0,0001	0,31	1,09
PP-3	0,78	2.661	0,778	1,50	0,86	4,94	5,35	2,77	0,52	0,0001	0,29	0,79



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



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 22.a - Seções transversais tipo - Canal ME Santa Maria (Campo Seco) - Taquarembó – sem revestimento de argila

Seção Tipo	Vazões necessárias (m³/s)	Distância da origem (m)	Vazão inicial (m³/s)	b (m)	h (m)	B (m)	PM (m)	Área (m²)	R (m)	I (m/m)	V(m/s)	Q real(m³/s)
ME-1	13,86	13.304	16,850	4,00	2,83	15,32	16,66	27,34	1,64	0,0001	0,62	16,91
ME-2	11,10	32.721	13,451	4,00	2,55	14,20	15,40	23,21	1,51	0,0001	0,58	13,55
ME-3	9,03	50.297	10,512	4,00	2,26	13,04	14,11	19,26	1,36	0,0001	0,55	10,53
ME-4	7,18	54.949	7,947	4,00	1,98	11,92	12,85	15,76	1,23	0,0001	0,51	8,02
ME-5	5,23	65.619	5,821	3,00	1,85	10,40	11,27	12,40	1,10	0,0001	0,47	5,87
ME-6	2,21	73.780	2,457	3,00	1,21	7,84	8,41	6,56	0,78	0,0001	0,38	2,47

Tabela 22.b - Seções transversais tipo - Canal ME Santa Maria (Campo Seco) - Taquarembó – com revestimento de camada compactada de 15 cm de argila

Seção Tipo	Vazões necessárias (m³/s)	Distância da origem (m)	Vazão inicial (m³/s)	b (m)	h (m)	B (m)	PM (m)	Área (m²)	R (m)	I (m/m)	V(m/s)	Q real(m³/s)
ME-1	13,86	13.304	14,250	4,00	2,62	14,48	15,72	24,21	1,54	0,0001	0,59	14,35
ME-2	11,10	32.721	11,413	4,00	2,35	13,40	14,51	20,45	1,41	0,0001	0,56	11,42
ME-3	9,03	50.297	9,234	4,00	2,13	12,52	13,53	17,59	1,30	0,0001	0,53	9,32
ME-4	7,18	54.949	7,297	4,00	1,89	11,56	12,45	14,70	1,18	0,0001	0,50	7,30
ME-5	5,23	65.619	5,323	3,00	1,77	10,08	10,92	11,58	1,06	0,0001	0,46	5,35
ME-6	2,21	73.780	2,262	3,00	1,16	7,64	8,19	6,17	0,75	0,0001	0,37	2,27





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



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 23.a - Seções transversais tipo - Canal MD Taquarembó – sem revestimento de argila

Seção Tipo	Vazões necessárias (m³/s)	Distância da origem (m)	Vazão inicial (m³/s)	b (m)	h (m)	B (m)	PM (m)	Área (m²)	R (m)	I (m/m)	V(m/s)	Q real(m³/s)	Q
MD-1	4,34	5.213	5,100	3,00	1,73	9,92	10,74	11,18	1,04	0,0001	0,46	5,10	
MD-2	3,60	6.305	4,195	3,00	1,58	9,32	10,07	9,73	0,97	0,0001	0,43	4,23	
MD-3	2,74	17.152	3,307	3,00	1,41	8,64	9,31	8,21	0,88	0,0001	0,41	3,35	
MD-4	2,39	25.161	2,669	3,00	1,26	8,04	8,63	6,96	0,81	0,0001	0,38	2,68	
MD-5	2,10	26.533	2,178	2,50	1,21	7,34	7,91	5,95	0,75	0,0001	0,37	2,19	
MD-6	1,76	28.375	1,805	2,50	1,10	6,90	7,42	5,17	0,70	0,0001	0,35	1,81	

Tabela 23.b - Seções transversais tipo - Canal MD Taquarembó – com revestimento de camada compactada de 15 cm de argila

Seção Tipo	Vazões necessárias (m³/s)	Distância da origem (m)	Vazão inicial (m³/s)	b (m)	h (m)	B (m)	PM (m)	Área (m²)	R (m)	I (m/m)	V(m/s)	Q real(m³/s)	Q
MD-1	4,34	5.213	4,450	3,00	1,62	9,48	10,24	10,11	0,99	0,0001	0,44	4,45	
MD-2	3,60	6.305	3,687	3,00	1,48	8,92	9,62	8,82	0,92	0,0001	0,42	3,70	
MD-3	2,74	17.152	2,827	3,00	1,30	8,20	8,81	7,28	0,83	0,0001	0,39	2,85	
MD-4	2,39	25.161	2,445	3,00	1,21	7,84	8,41	6,56	0,78	0,0001	0,38	2,47	
MD-5	2,10	26.533	2,129	2,50	1,20	7,30	7,87	5,88	0,75	0,0001	0,37	2,15	
MD-6	1,76	28.375	1,783	2,50	1,10	6,90	7,42	5,17	0,70	0,0001	0,35	1,81	



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



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 24.a - Seções transversais tipo - Canal secundário Taquarembó com bombeamento – sem revestimento de argila

Seção Tipo	Vazões necessárias (m³/s)	Distância da origem (m)	Vazão inicial (m³/s)	b (m)	h (m)	B (m)	PM (m)	Área (m²)	R (m)	I (m/m)	V(m/s)	Q real(m³/s)
CS-1	1,71	2.022	1,850	2,00	1,20	6,80	7,37	5,28	0,72	0,0001	0,36	1,88
CS-2	1,48	3.255	1,574	2,00	1,11	6,44	6,96	4,68	0,67	0,0001	0,34	1,60
CS-3	1,17	4.461	1,242	2,00	0,99	5,96	6,43	3,94	0,61	0,0001	0,32	1,26
CS-4	0,96	4.999	1,012	2,00	0,89	5,56	5,98	3,36	0,56	0,0001	0,30	1,02
CS-5	0,66	7.023	0,701	1,00	0,90	4,60	5,02	2,52	0,50	0,0001	0,28	0,71

Tabela 24.b - Seções transversais tipo - Canal secundário Taquarembó com bombeamento – com revestimento de camada compactada de 15 cm de argila

Seção Tipo	Vazões necessárias (m³/s)	Distância da origem (m)	Vazão inicial (m³/s)	b (m)	h (m)	B (m)	PM (m)	Área (m²)	R (m)	I (m/m)	V(m/s)	Q real(m³/s)
CS-1	1,71	2.022	1,730	2,00	1,16	6,64	7,19	5,01	0,70	0,0001	0,35	1,75
CS-2	1,48	3.255	1,492	2,00	1,08	6,32	6,83	4,49	0,66	0,0001	0,34	1,51
CS-3	1,17	4.461	1,181	2,00	0,96	5,84	6,29	3,76	0,60	0,0001	0,32	1,19
CS-4	0,96	4.999	0,971	2,00	0,87	5,48	5,89	3,25	0,55	0,0001	0,30	0,97
CS-5	0,66	7.023	0,668	1,00	0,88	4,52	4,94	2,43	0,49	0,0001	0,28	0,67



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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Observa-se que alguns valores de velocidade aproximam-se ou são inferiores ao valor mínimo de 0,3 m/s. Para o projeto executivo recomenda-se que sejam estudados novos valores de declividade de fundo (I, em m/m) para esses trechos, bem como, a partir dos estudos geotécnicos da região, sejam definidos limites mínimos de velocidade por trecho, de acordo com os processos erosivos previsíveis ao longo dos canais.

Para cada canal, foram contabilizadas as tomadas de água a partir do cadastro da AUSM, conforme apresentado na Tabela 25.

Tabela 25 – Contabilização das tomadas de água nos canais	
Canais do sistema Jaguari	Número de tomadas parcelares
Canal Principal	101
Canal Margem Esquerda Campo Seco	70
Canal Secundário	16
Canais do sistema Taquarembó	Número de tomadas parcelares
Canal Principal	66
Canal Margem Esquerda	117
Canal Secundário com bombeamento	9
Canal Secundário Picada das Pedras	9
Canal Margem Direita	13

Propõe-se uma estrutura de operação que permita a estimativa dos volumes entregues aos irrigantes com uma precisão de +/- 10%, operando preferencialmente em uma situação na qual a precisão da vazão entregue seja +/- 5%. Para isso, optou-se pelo uso de módulos de máscara *Neyrpic*, devido às seguintes características:

- sua facilidade de operação;
- o bom controle hidráulico que proporciona, sem necessitar de energia elétrica;
- são rústicos e não sujeitos a entupimento com folhas
- são largamente utilizados em projetos de irrigação na Europa, África e Nordeste brasileiro.

As tomadas de água propostas para os sistemas Jaguari e Taquarembó são do tipo *módulos de máscaras*, da Neyrpic, pois são capazes de permitir a contabilização dos volumes entregues a cada produtor e, com isso, a cobrança por volume. Cada módulo terá uma dimensão definida pela área irrigada cadastrada, mas foi considerada uma variação de altura da água da ordem de 25 cm, compatível com modelos XX<sub>1</sub> e XX<sub>2</sub>, apresentados na figura 22, a seguir.

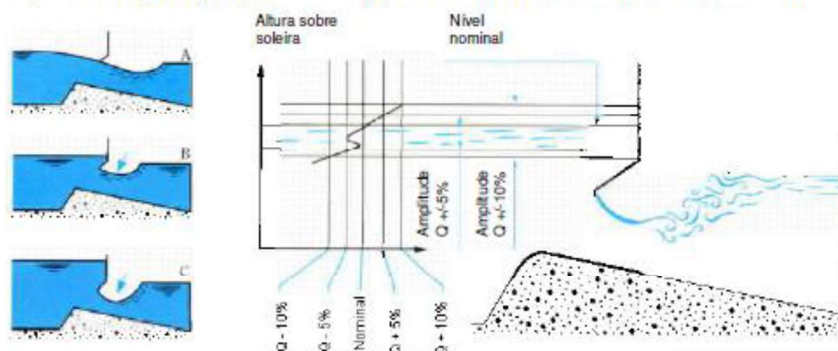


Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



## RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

### Esquema de princípio y curva de operación de un módulo con una máscara.



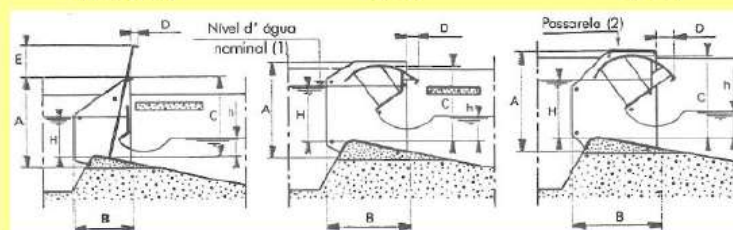
#### Módulos de Máscaras\* – Dimensões

##### Módulos de uma máscara

###### Tipo $X_1$ e $XX_1$

###### Tipo $L_1$

###### Tipo $C_1$

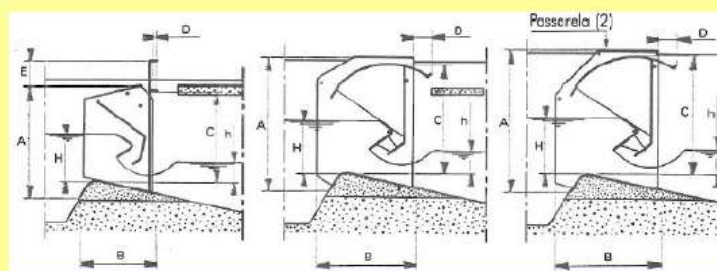


##### Módulos de duas máscaras

###### Tipo $X_2$ e $XX_2$

###### Tipo $L_2$

###### Tipo $C_2$



#### Cotas em cm

Tipo	A	B	C	D	E	Largura para 100 l/s	H nominal	h (3)	Altura de retenção máxima (módulo fechado)
$X_1$	40	26	35	2	14	100	17	8 (10,5)	32
$XX_1$	65	387	58	4	22	50	27	12 (16,5)	51
$L_1$	88	77	72	16	-	20	50	22 (31)	68
$C_1$	144	122	116	25	-	10	79	35 (49)	109
$X_2$	47	27	36	2	8	100	17,5	8 (11)	35
$XX_2$	66	43	54	2	15	50	28	12 (17)	51
$L_2$	133	97	110	20	-	20	51	22 (31)	95
$C_2$	205	152	180	28	-	10	81	35 (50)	147

Figura 22 - Características das comportas Neyrpic



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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

A manutenção da altura da água nos limites necessários é prevista pelo uso de vertedores *bico de pato*, simples ou múltiplos, dependendo da vazão. Essa alternativa já foi adotada em projetos de irrigação em Minas Gerais, como o Gorotuba, entre Porteirinha e Janaúba.

Cada mudança de seção terá um vertedor desses a montante, sendo as dimensões dos mesmos definidas para manter uma variação máxima inferior a 0,3 m (os limites dos módulos são 0,27 e 0,28 m). A partir desses limites, foram estimadas, para fins orçamentários, as dimensões dos vertedores e, para compreensão do comportamento hidráulico, a curva de remanso associada aos mesmos. Com a definição da distância do remanso, verificou-se a necessidade de implantação de mais estruturas desse tipo ao longo dos canais.

Essa necessidade deve ser refeita na fase do projeto executivo, pois a inclusão de trechos rápidos ou quedas alteram completamente tal estimativa, assim como a correção da declividade do fundo do canal.

A crista do vertedor *bico de pato* foi calculada como sendo um perfil LNEC. De acordo com os projetos executivos, esses vertedores poderão ser projetados como sendo calhas metálicas paralelas.

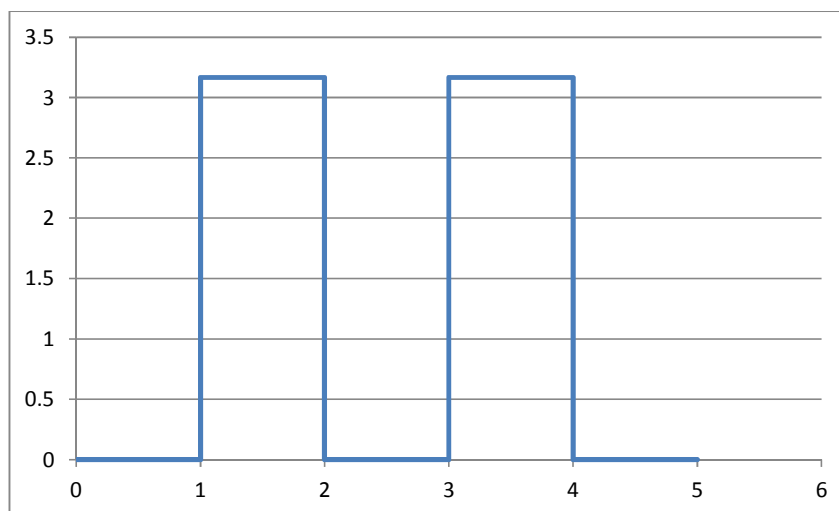


Figura 23 - Exemplo esquemático de vertedor bico de pato – Canal secundário Picada das Pedras entre seção 1 e seção 2





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



# RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

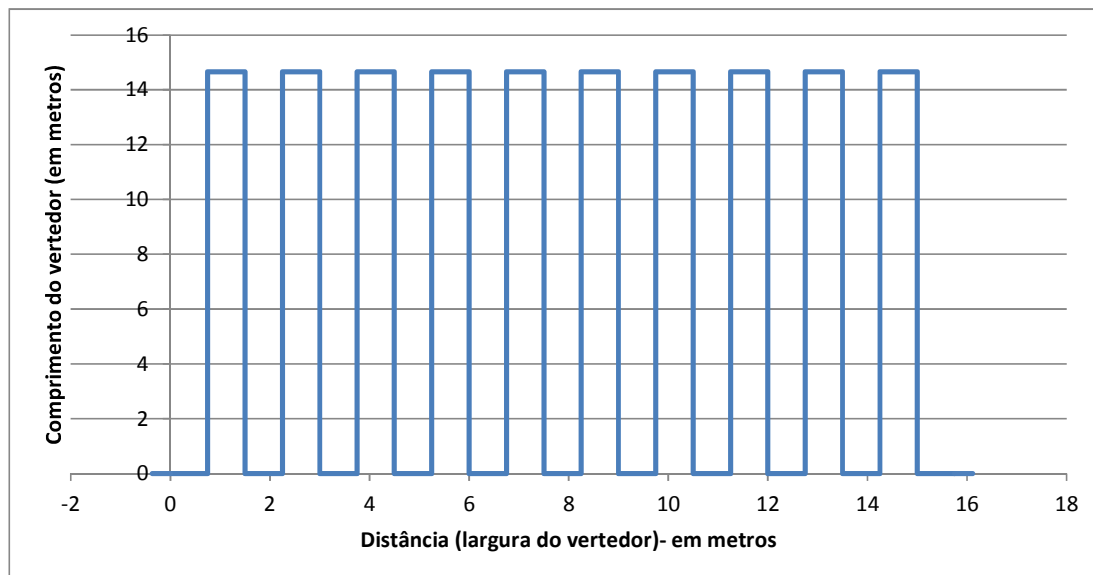


Figura 24 - Exemplo esquemático de vertedor bico de pato – Canal Principal Taquarembó entre seção 1 e seção 2



Figura 25 - Exemplo de vertedor *bico de pato* simples  
(<http://giscombr.winconnection.net:8081/stvba/interna.asp?conteudo=fotointernagaleria&IDSubAlbum=5>)





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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Junto a cada vertedor *bico de pato* foi proposto um vertedor lateral para permitir a retirada de vazões excedentes do sistema de canais. Para dimensioná-los, definiu-se uma vazão máxima que deve chegar até o *bico de pato* e uma vazão excedente que viria sendo transportada pelo canal. A partir das energias específicas, fez-se a determinação dos comprimentos necessários para manter a segurança do sistema.



Figura 26 - Vertedor lateral em concreto

Também foram previstas comportas planas ao longo dos canais, para isolar trechos para a realização de manutenção ou atuar como reguladores de nível. Para cada canal foi estimado um número de comportas, sem detalhar a sua colocação, o que deve ser objeto do projeto executivo. Para fins orçamentários, foram selecionadas comportas quadradas de ferro fundido com diâmetro de 1,2 m, com pedestal e acionador.

#### Número de comportas

Canal Principal	6
Canal ME CS Taquarembó	6
Canal MD	2
Canal Taq bombeamento	1
Canal Picada das Pedras	1

#### Número de comportas

Canal Jaguari Principal	6
Canal Jaguari ME	6
Canal secundário	1

O canal da Margem Esquerda do rio Santa Maria - Taquarembó, será alimentado por um aqueduto em concreto, com seção retangular, com captação no canal Principal do Taquarembó e que cruzará o rio Santa Maria. Tal obra será sustentada por pilares de concreto e terá um comprimento de 5,8 km. Para fins orçamentários, definiu-se que os pilares serão apoiados sobre sapatas de 2 metros de profundidade e terão 7 m de altura, base de 4,0 m da seção de escoamento. Para a



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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

vazão de projeto (14,29 m<sup>3</sup>/s), a altura d'água será de 1,72 m para uma inclinação do fundo de 0,69 por mil e coeficiente n de Manning igual a 0,012.

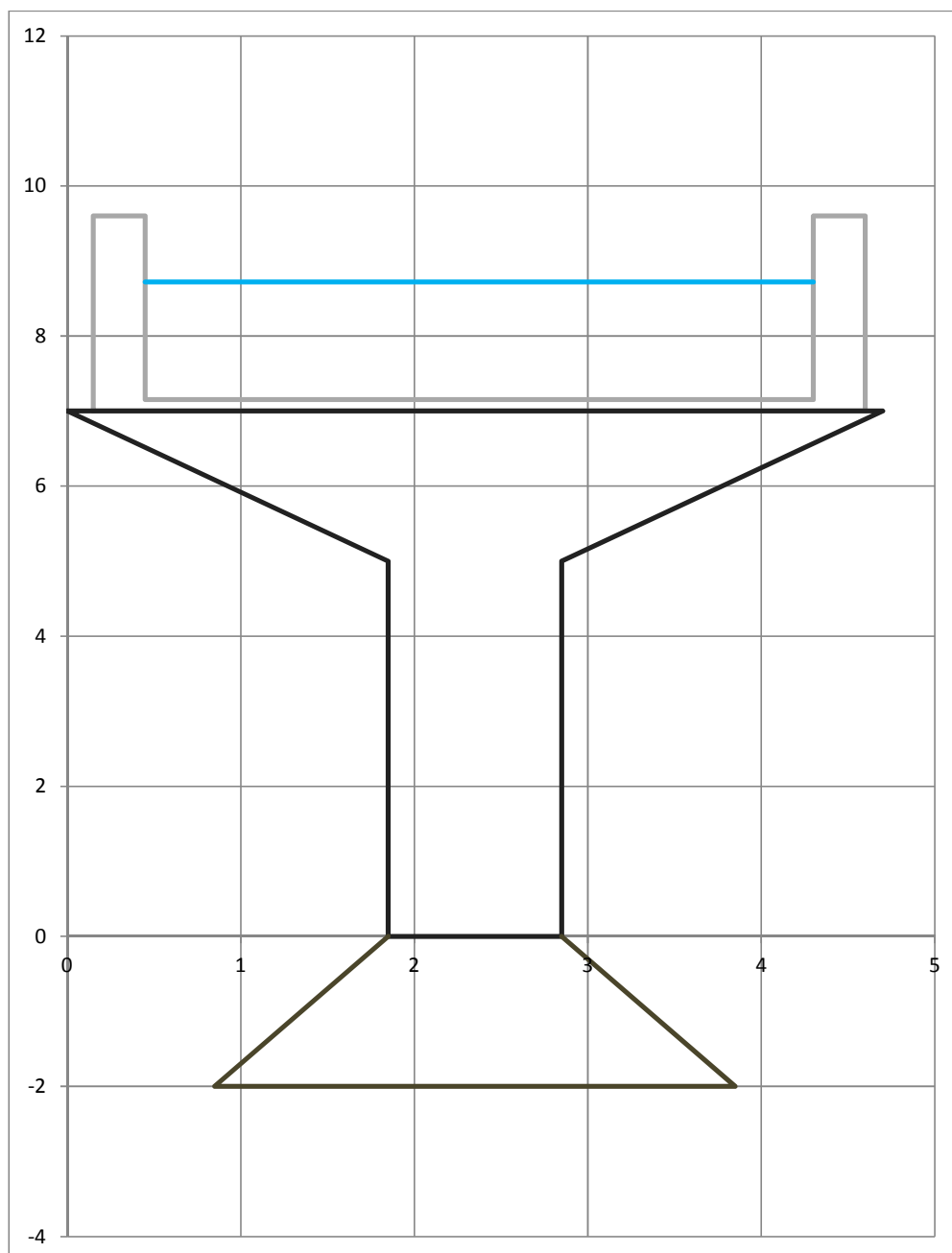


Figura 27 – Aqueduto em concreto.



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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

O projeto executivo deve avaliar a possibilidade de utilização de calhas metálicas em chapas de aço corrugado, pelo seu menor peso e exigência de estrutura de suporte.

Da mesma forma, a transposição do arroio Jaguari pelo canal principal será realizada por meio de um aqueduto com 650 m de extensão e uma vazão de 28,35 m<sup>3</sup>/s, seção retangular, base de 4,0 m e inclinação de fundo de 1,9 por mil e velocidade de 3,58 m/s.

Já o canal da Margem Esquerda do rio Santa Maria jusante, alimentado pelo sistema Jaguari, será atendido por sistema de bombeamento montado sobre flutuantes. Fez-se a previsão de seis bombas iguais, acionadas por motores de 250 HP, para uma vazão de projeto de 9,51 m<sup>3</sup>/s, 14 metros de elevação e 330 m de comprimento de tubulação de aço soldado. Junto ao flutuante, será instalada uma sub-estação de energia elétrica. Para garantir a manutenção da flutuação das bombas, propõe-se a construção d um vertedor de base espessa no leito do rio Santa Maria em um ponto 100 m a jusante do ponto de captação. Nesse trecho, a largura do rio Santa Maria é da ordem de 45 m. O vertedor de parede espessa teria uma altura de 0,35 m, espessura de 0,6 m e comprimento de 40 m. O seu funcionamento para uma vazão mínima de 3,57 m<sup>3</sup>/s, definida a partir de uma razão de 0,892 l.s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup> adotada como vazão “ecológica” para a bacia e uma área de contribuição até o ponto de 4.000 km<sup>2</sup>, resultaria em uma altura de carga a montante de 0,15 m, que, somada com a altura da soleira (0,35 m), resultaria em uma profundidade mínima de 0,5 m a montante. Para valores de vazão superiores a esse a influência do vertedor seria reduzida até o momento em que a influência do nível a jusante seria suficiente para afogar o vertedor e esse não traria maiores perturbações ao escoamento. Por isso, é uma obra de baixo impacto ambiental, mas o seu processo de licenciamento deve ser realizado de acordo com os trâmites normais.

Completando as obras ao longo do sistema de distribuição, fez-se a previsão de um pontilhão com 5,0 m de largura para cada tomada d'água. A melhor definição do número de pontilhões e sua localização deverão ser explicitadas na fase de projeto executivo.



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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

### 3.7 OBRAS COMPLEMENTARES

As simulações dinâmicas descritas nos itens 3.4 e 3.5 apontaram para vulnerabilidades importantes no sistema. As seguintes alternativas são inicialmente propostas:

- 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.

Conforme descrito no item 3.5.5, as simulações efetuadas do funcionamento do sistema alternativo proposto indicam que somente as alternativas com plantio antecipado conseguem atender as demandas sem necessidade de reservação adicional ou de alterações na tomada d'água, o que demonstra a importância de um gerenciamento adequado dos recursos hídricos e das estruturas de fornecimento e condução da água para garantir o bom funcionamento do sistema.

As outras alternativas apontam para a necessidade de obras complementares, tais como:

- alterações na tomada de água da barragem ou construção de uma tomada d'água complementar, para garantir condições de atendimento da máxima demanda;
- reservação adicional, a partir de novos barramentos;

No caso de alteração da tomada d'água, a solução preconizada é de construção de uma tomada d'água complementar para a barragem Jaguari. Esta comporta (que terá cota mais alta em relação à já construída) deve ser projetada apenas para complementar a vazão necessária em um eventual período da irrigação em que esteja a quase totalidade ou a totalidade das lavouras de arroz em processo inicial de irrigação ou atendendo alguma demanda do Plano de Ação de Emergência desta barragem, uma vez que, na maior parte do tempo de irrigação, apenas a comporta projetada originalmente atende a demanda total. Neste caso, a operação seria controlada pelo gestor, de forma que, quando a água da barragem atingir o nível em que a comporta complementar pare de operar, o sistema já esteja no final do período de irrigação e, por consequência, com necessidade de uma vazão total que tem condições de ser atendida apenas pela comporta principal, até o final da irrigação.

Como alternativas de reservação adicional para fornecimento de água para o sistema, foram listadas as seguintes barragens:

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



25220000011090

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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

- barragem do Arroio do Salso;
- barragens do Arroio Santa Maria Chico.

A localização das barragens propostas foi apresentada na Figura 19.

Dentre as alternativas de barramento, a mais adequada, devido às suas características de localização e disponibilidade hídrica é a barragem do Arroio Taquarembó-Chico, capaz de fornecer cerca 50hm<sup>3</sup> de reservação adicional ao sistema já proposto.



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



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

## 4

# ANÁLISE DE VIABILIDADE

## 4 ANÁLISE DE VIABILIDADE

### 4.1 CONDIÇÕES AMBIENTAIS ADICIONAIS ÀS LICENÇAS VIGENTES

O aumento da extensão dos canais do Sistema Alternativo proposto pela AUSM implica em impactos físicos, antrópicos e bióticos diversos das condições atuais do licenciamento e programas ambientais previstos.

O mapeamento existente de uso do solo e cobertura vegetal e áreas de preservação permanente é utilizado, visando identificação das condicionantes ambientais, em especial cobertura vegetal e áreas de preservação permanente. Especial destaque deve ser dado às estruturas de transposição do Rio Santa Maria indicadas na proposta e a eventual necessidade de intervenção em áreas de preservação permanente. Se necessário, o traçado proposto do sistema de canais será ajustado, a fim de atender à possibilidade de obter licenciamento ambiental.

A LI No 1455/2008-DL (cópia em anexo) autorizou a implantação da Barragem do Arroio Jaguari e obras do sistema de distribuição de água formado pelo canal principal, com extensão de 38,77km em seção aberta e 11km de adutora, até a tomada de água da CORSAN em Dom Pedrito.

A LI No 29/2009-DL (cópia em anexo) autorizou a implantação da Barragem do Arroio taquarembó e obras do sistema de distribuição de água formado pelo canal principal, com extensão de 35km em seção aberta.

O conjunto de LO's permite identificar que um número substancial de produtores já possui autorização para efetuar irrigação superficial, atividades de irrigação superficial, de tomada d'água e de operação de açude. Além disso, é possível observar que os canais propostos no sistema alternativo da AUSM percorrem área totalmente antropizada.

A análise das condições ambientais, portanto, é concentrada na identificação da vulnerabilidade dos solos percorridos pelos canais, além da identificação do uso do solo (áreas de proteção). Esta análise inclui identificação de sítios arqueológicos (principalmente cerritos cortados pela área de influência dos canais. Os cerritos são elevações de terras, geralmente de forma aproximadamente circular, construídas pelos povos indígenas que habitavam a região há cerca de 4500 anos até a chegada dos colonizadores europeus, que foram usados como lugares para se viver, como cemitérios, espaços de reunião e celebração, bem como as áreas de cultivo e funcionava como marcadores territoriais e estradas indianas no passado.





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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

A análise do uso do solo (figura 28) permitiu confirmar que o traçado efetuado nos levantamentos topográficos busca evitar a interceptação de áreas de preservação ou de cerritos, garantindo, assim, uma minimização dos impactos ambientais. Esta conclusão deverá ser reavaliada durante futuro Projeto Executivo do Sistema.

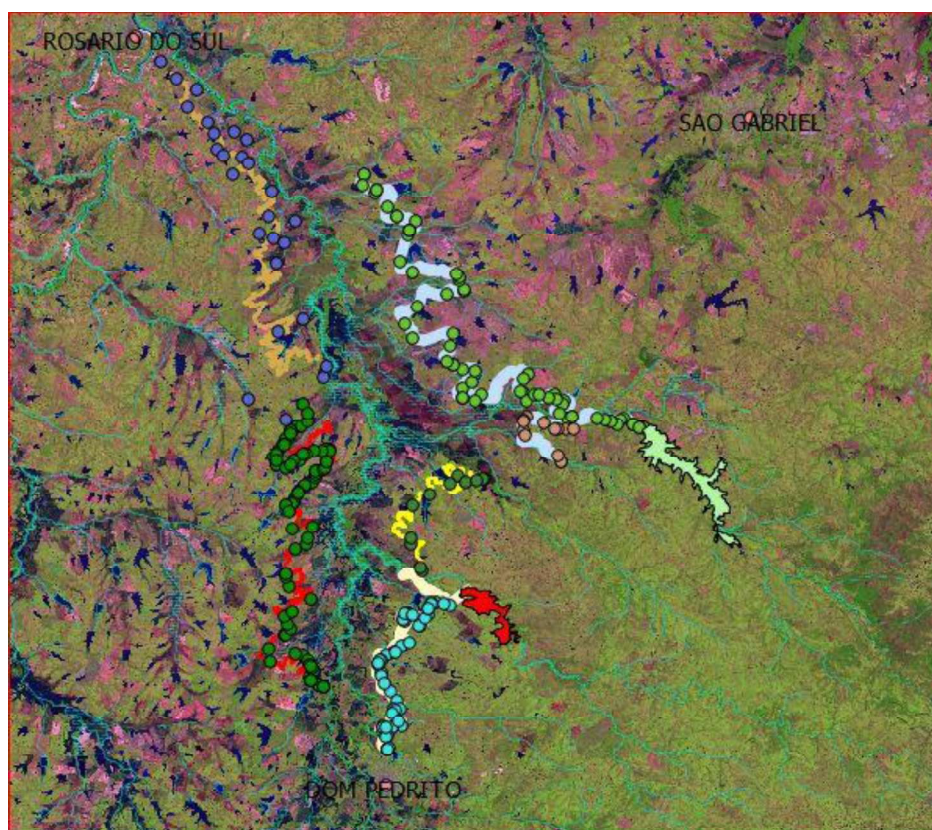


Figura 28 - Mapa de uso do solo.

Da mesma forma, uma análise do mapa de resistência do solo a impactos ambientais (Figura 29) mostra que os canais estão localizados sobre solos de baixa (solos C) ou muito baixa (solos D). Essa indicação de vulnerabilidade do solo levou à necessidade de utilização de critérios conservadores no dimensionamento do canal, com adoção de taludes com inclinação dos taludes de 2H:1V.



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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

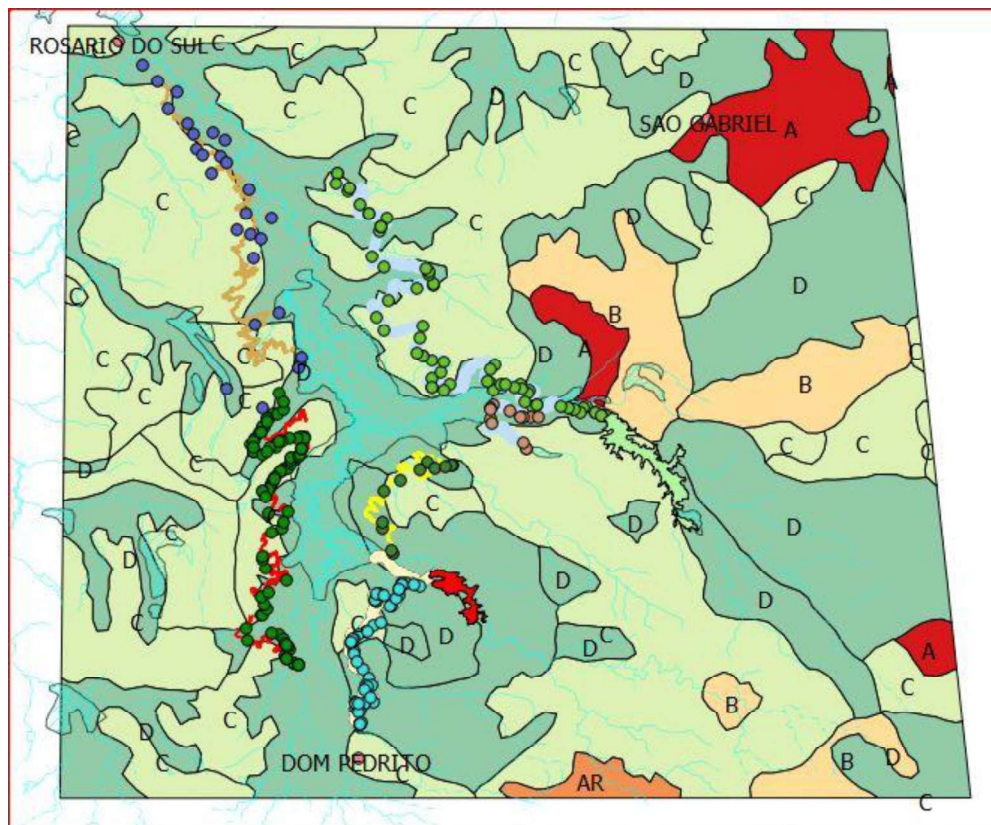


Figura 29 - Mapa de resistência do solo a impactos ambientais

Esse problema se apresenta de forma mais grave para o Canal Principal do Sistema Taquarembó, uma vez que o canal se encontra, na maior parte das áreas, em condições de muito baixa resistência aos impactos ambientais.

Mais uma vez, essas conclusões deverão ser reavaliadas durante futuro Projeto Executivo do Sistema.

#### 4.2 FORMAS DE ATENDIMENTO (GESTÃO) DAS DEMANDAS

Este item do trabalho apresenta sugestões para o desenvolvimento de regras de operação para o sistema composto por reservatórios para abastecimento de demandas urbanas, enchimento de barragens e de irrigação na bacia do rio Santa Maria, no estado do Rio Grande do Sul.

Entende-se aqui que o projeto hidro agrícola, compreende dois aspectos fundamentais, apresentados na figura 30: As estruturas físicas (Barragens e canais) e a operação (manejo do sistema). Saliente-se que no caso da AUSM, já com intensa prática de agricultura irrigada, a modernização e ampliação dos sistemas de irrigação



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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

oferece aos agricultores uma série de possibilidades para expandir a produtividade econômica da água. Neste contexto, o manejo adequado da irrigação pode ser usado para otimizar o rendimento das culturas de um determinado nível de evapotranspiração da cultura, portanto, levando a uma maior produção por unidade de água evapotranspirada.

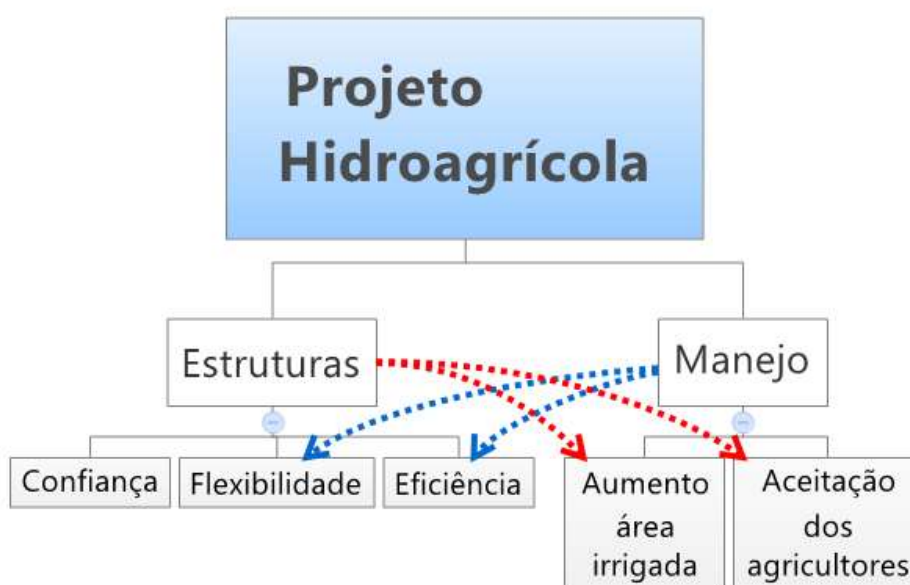


Figura 30: Diagrama de fluxo das ações e efeitos associados, relacionadas com a modernização e otimização da irrigação.

Portanto, no contexto deste item do projeto, o manejo da figura 30 está relacionado com o desenvolvimento de uma metodologia que considera esta análise integrada e que permite a maximização dos benefícios econômicos de uma seleção apropriada de culturas por unidade de produção cuja extensão de suas áreas irrigadas, tipos de irrigação, lâminas de rega ou vazões aduzidas dos poços ou reservatório, sistemas de bombeamento utilizados sejam objeto de determinação. Enfatize-se que o manejo propriamente dito, no caso da AUSM, é uma questão de escolha dos usuários, incluindo aí o grau de maturidade no enfrentamento de situações de escassez hídrica. Em face desta premissa, o objeto deste capítulo é apenas de apresentar conceitos e exemplificar algumas operações que podem ser feitas na área de abrangência da AUSM em caráter demonstrativo.

Um modelo de gestão permite a inclusão de outros tipos de funções objetivos para incorporar outros tipos de maximização de benefícios (por exemplo, a mão de obra, uso de um determinado equipamento ou produto, etc.) ou minimização de perdas (por exemplo, gasto com insumos, etc.). O modelo de otimização tem como base o





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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

princípio de conservação da massa, que é aplicada ao reservatório e à área irrigada, e da energia, aplicado ao processo de bombeamento, e leva em consideração as limitações inerentes do problema. O processo de otimização é feito através da aplicação de um método de programação matemática de forma recursiva. Por exemplo, para sintetizar a ideia da concepção deste sistema ideal de manejo, pode-se apontar como requisito de tal sistema o atendimento das seguintes finalidades:

1. Otimização da operação integrada de um Reservatório, Poços/Rios e Áreas Irrigadas via Programação Matemática (Linear, Não Linear, algoritmos genéticos, etc.)
2. Formulação automática da função objetivo e das equações de restrição
3. Permitir, por perímetro, unidades de produção ou escalas de tempo mensal, anual ou plurianual:
  - a. Otimizar funções multi-objetivo
  - b. Incorporar outras restrições não implícitas
4. Permitir a associação entre planos culturais, fontes de água, unidades de produção ou perímetros, sistemas de bombeamento e de irrigação

Considerando a visão esquemática proposta na figura 14, pode-se propor como objetivo do sistema a alocação da água disponível de tal forma que a demanda seja atendida, ou seja:

$$Max \sum_n \sum_t \frac{Desvio(n,t)}{Demanda(n,t)} \quad (1)$$

Ou seja, o objetivo é a maximização da percentagem (%) de demanda atendida, variando de 0 a 1. Onde:

- Desvio (n,t) - Desvio de água do canal para o usuário  $n$  no período  $t$  ;
- Demanda (n,t) - Demanda de água para o usuário  $n$  no período  $t$  .

De forma alternativa o objetivo também pode ser apresentado como:

$$Min \sum_n \sum_t [Desvio(n,t) - Demanda(n,t)]^2 \quad (2)$$

A figura 31 ilustra as componentes de um reservatório, onde  $Q_t$  -entradas no reservatório ( $Q_{at} + P_{Pt} - E_{Vt} - P_{It}$ ),  $St$  -vol. Armazenados no reservatório,  $R$  - Descarga regularizada (rendimento) do reservatório,  $RE_t$  - descarga excedente do reservatório ( $> R$  - vertedor),  $K$  - Capacidade do reservatório e  $L_t$  Perdas do reservatório (evaporação e outras perdas).

Saliente-se que para cada ponto do sistema é realizado um balanço de massa (equações de conservação). Para estimativa da evaporação do reservatório, ao longo do tempo a área superficial do reservatório é relacionada ao volume do reservatório



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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

pela relação de cota-área-volume baseada na topografia do local do reservatório. A natureza desta relação é tal que uma função de potência normalmente se ajustará aos dados para área-volume que é:

$$Area = aV^b \quad (3)$$

Saliente-se que para cada ponto do sistema é realizado um balanço de massa (equações de conservação). Para estimativa da evaporação do reservatório, ao longo do tempo a área superficial do reservatório é relacionada ao volume do reservatório pela relação de cota-área-volume baseada na topografia do local do reservatório. A natureza desta relação é tal que uma função de potência normalmente se ajustará aos dados para área-volume que é:

$$Area = aV^b \quad (3)$$

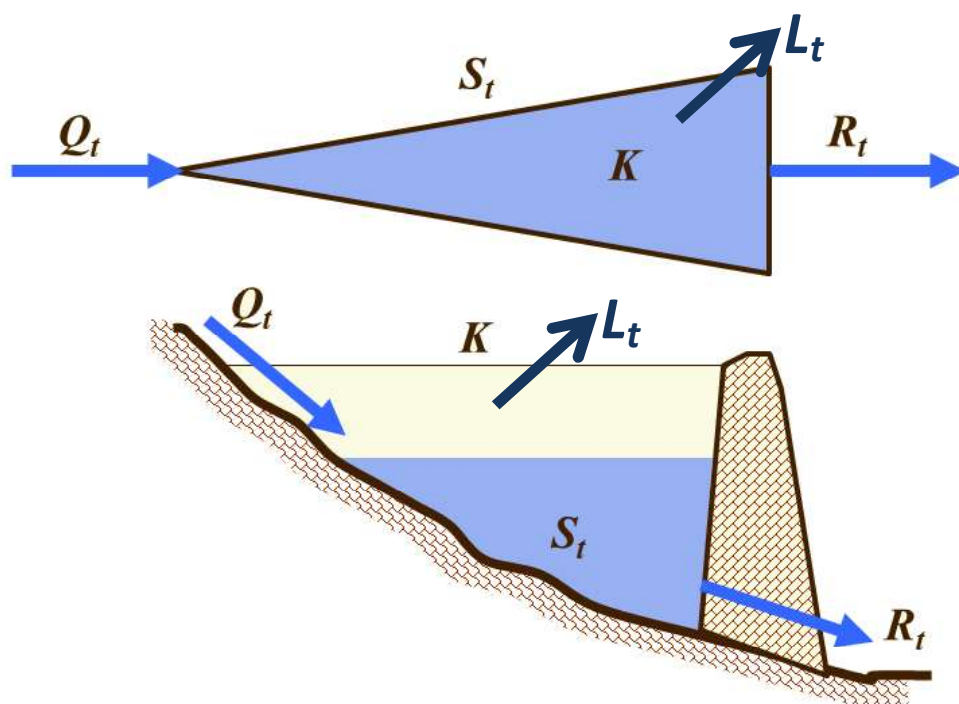


Figura 31: Representação esquemática de um reservatório

A figura 32 apresenta esta curva ajustada para o reservatório do Jaguari. Esta perda é incorporada a equação de conservação do reservatório, de tal forma que



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



## RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

$$S_{t+1} = S_t + Q_t - R_t - L_t \quad (4)$$

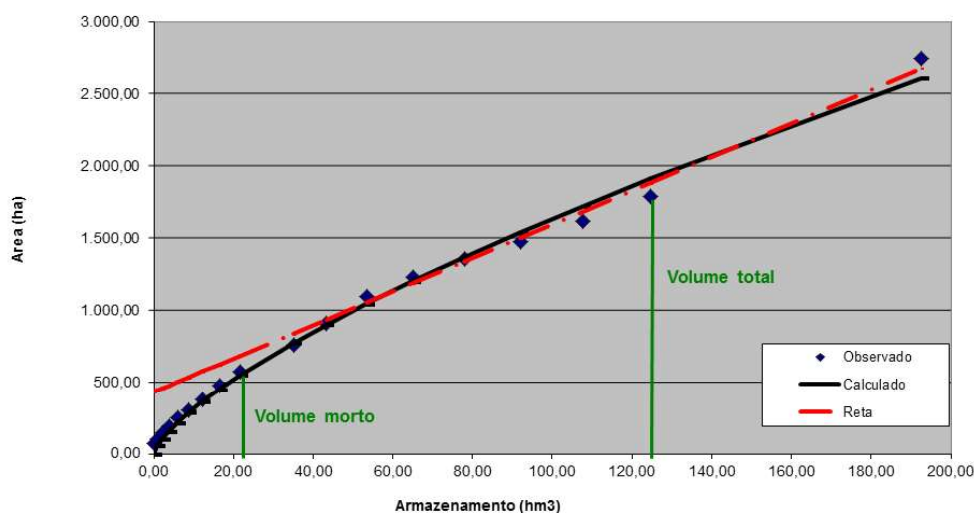


Figura 32: Curva área-volume do reservatório do Jaguarí

Por sua vez  $L_t$  (Perdas por evaporação do reservatório) é estimada por :

$$L_t = [A_a \bar{S}_t + A_0] e_t \quad (5)$$

Onde:  $A$  - Área superficial do reservatório, variável ao longo do tempo de acordo com o volume disponível;

$e_t$  taxa média de Evaporação da superfície do reservatório (ver figura 33 com dados de tanque classe A da região de Bagé)

Na equação (5) os termos dentro dos colchetes indicam a equação da reta ajustada no trecho entre o volume morto e volume total (capacidade do reservatório), indicada na reta em vermelho da figura 32. Porém este termo de perdas (equação 5) deve ser incorporado na equação de balanço do reservatório, de tal forma que considerando o armazenamento médio mensal tem-se:

$$\begin{aligned} L_t &= [A_a \bar{S}_t + A_0] e_t \\ &= \left[ A_a \left( \frac{S_t + S_{t+1}}{2} \right) + A_0 \right] e_t \\ &= A_a e_t \left( \frac{S_t + S_{t+1}}{2} \right) + A_0 e_t \\ &= 0.5 A_a e_t S_t + 0.5 A_a e_t S_{t+1} + A_0 e_t \\ &= a_t S_t + a_t S_{t+1} + b_t \end{aligned} \quad (6)$$





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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Substituindo (6) na equação (4) resulta em:

$$S_{t+1} = S_t + Q_t - R_t - (a_t S_t + a_t S_{t+1} + b_t)$$

$$(1 + a_t) S_{t+1} = (1 - a_t) S_t + Q_t - R_t - b_t$$

(7)

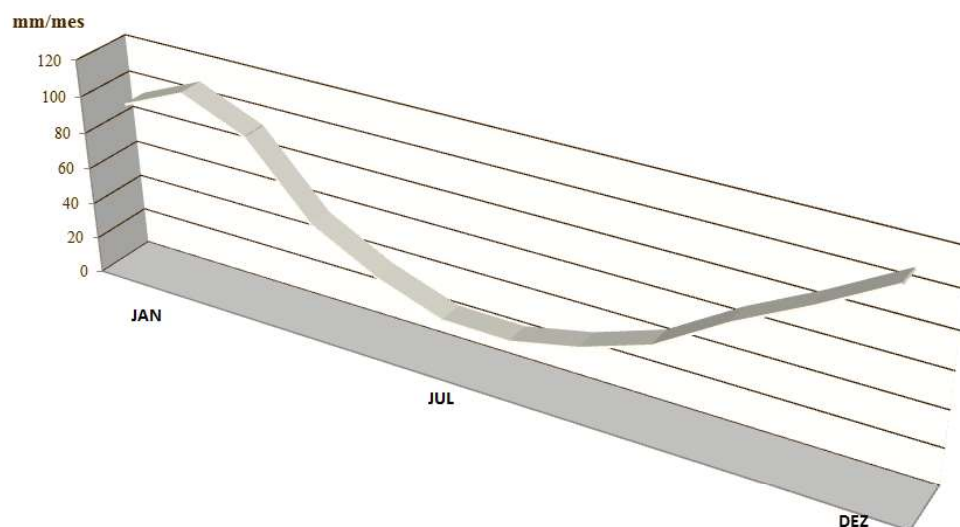


Figura 33: Taxas de Evaporação da Estação: BAGE - RS (OMM: 83980)

Atendendo as considerações anteriores, tem que um modelo de gestão (operação) do sistema indicado no fluxograma da figura 14, para os sistema Jaguari-Taquarembó, pode ser explicitado por:

$$\begin{aligned} &\text{Minimize} \quad \sum_{t=1}^T (R_t - D_t)^2 \\ &\text{sujeito a} \\ &\quad (1 + a_t) S_{t+1} = (1 - a_t) S_t + Q_t - R_t - b_t \\ &\quad S_t \leq K \quad t = 1, \dots, T \\ &\quad a_t = \frac{A_a \cdot e_t}{2} \\ &\quad b_t = A_o \cdot e_t \end{aligned} \quad (8)$$

Tal sistema foi implementado em ambiente de programação do GAMS (General Algebraic Modeling System). A figura 34 apresenta as vazões afluentes aos reservatórios do Jaguari – J e Taquarembó – T. A título de exemplo da aplicação do



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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

modelo apresenta-se na figura 35 a caracterização das demandas agregadas nos pontos 1 e 2 da figura 14, a serem atendidas pela vazão regularizada pelo reservatório do Jaguari. A figura 36 apresenta o resultado do modelo (equação 8) considerando as vazões afluentes ao reservatório (figura 34) e atendimento da demanda (figura 35). O resultado mais importante da figura 36 é a linha tracejada em vermelho que apresenta o % da demanda atendida (a leitura do resultado é na escala vertical à direita da figura 36). Observa-se, nestes resultados, a falha de atendimento da demanda para o mês de novembro, onde do total demandado, consegue-se atender cerca de 58% das demandas. Nos outros meses tem-se 100% de atendimento.

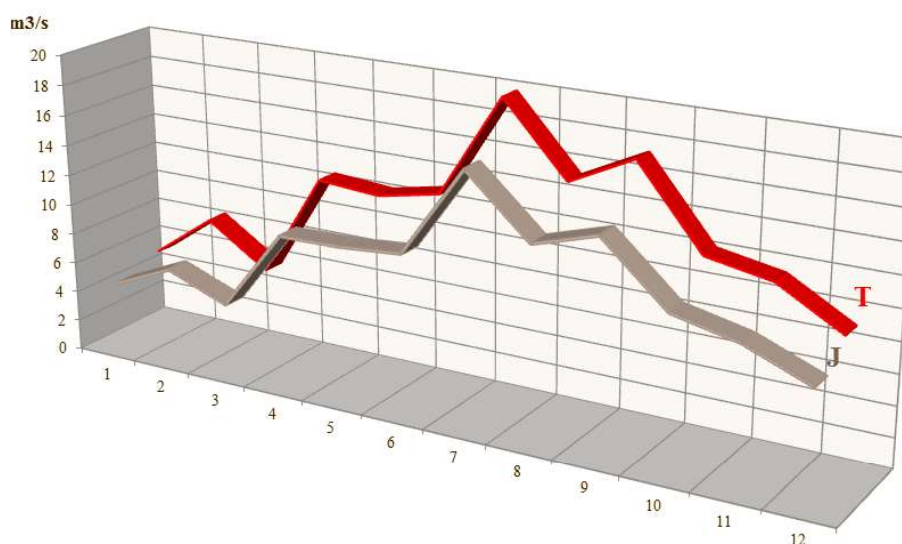


Figura 34: Vazões afluentes aos reservatórios



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



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

hm<sup>3</sup>/mes

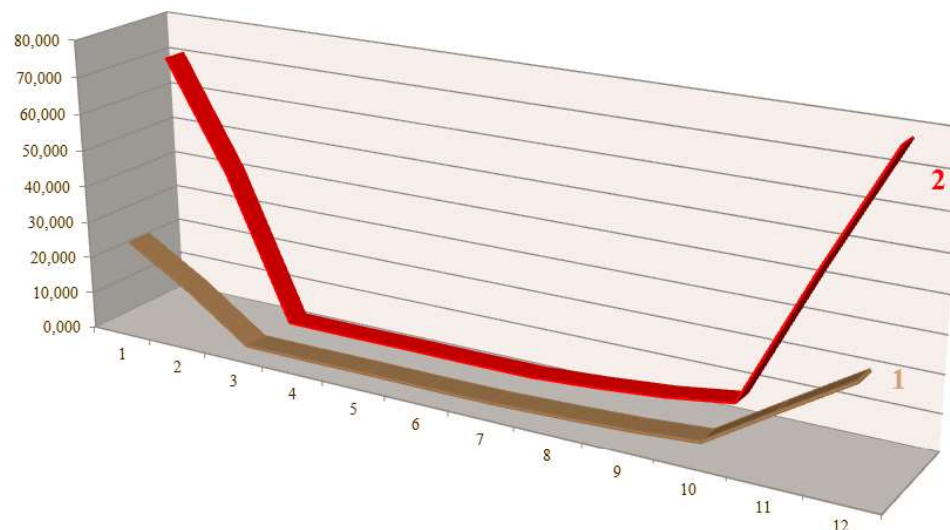


Figura 35: Caracterização das demandas agregadas do Jaguarí.

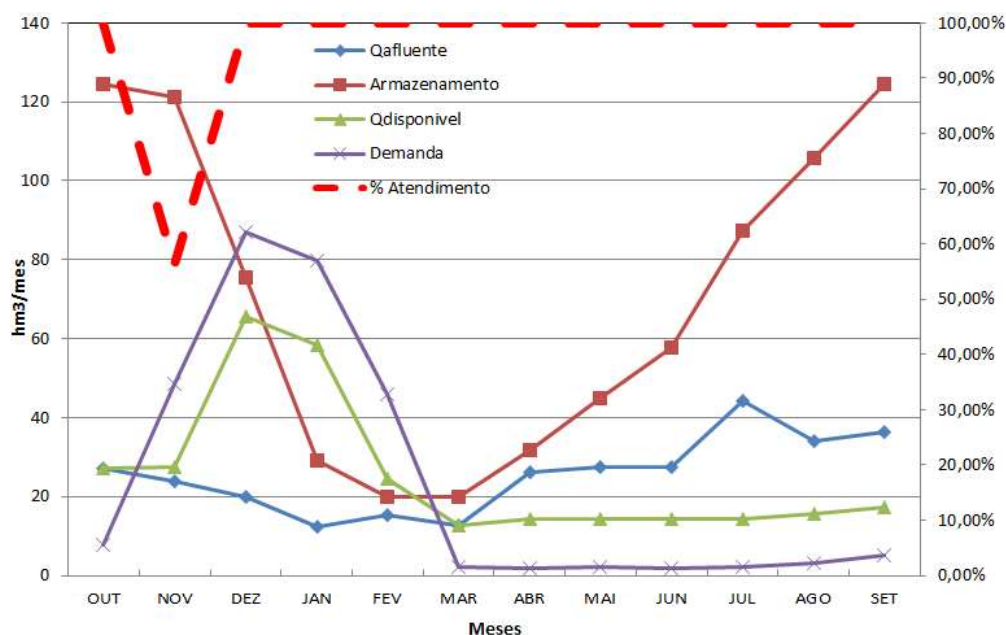


Figura 36: Resultados da aplicação de um cenário de manejo, para o Jaguarí.

Modelagem semelhante pode ser efetuada para diferentes funções-objetivo, conforme decisão do gestor, em conjunto com os usuários: maximização do retorno financeiro,



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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

maximização do atendimento das demandas, redução de custos marginais, etc. Desta forma, pode-se buscar um gerenciamento adequado dos recursos hídricos para garantir o bom funcionamento do sistema.

#### 4.3 INVESTIMENTOS NOS CANAIS

A análise econômico-financeira deve ser efetuado para o conjunto do sistema Jaguari-Taquarembó. Por este motivo, os valores de investimentos são apresentados para os dois sistemas.

A estimativa do custo de cada canal foi realizada a partir do desenho das diferentes seções, determinação da área ocupada por cada material ou operação e obtenção do volume, multiplicando-se a área pelo comprimento. Estimou-se uma escavação da ordem de 1,0 m, bermas laterais com 6,0 m e 2,0 m de largura, para permitir a passagem de máquinas e operadores do sistema de canais. As inclinações das bermas são de 1vertical:1 horizontal. Todas as seções foram desenhadas como se estivessem em um terreno com cota 100,00 m.

Para cálculo dos investimentos no sistema de canais foram utilizados os seguintes preços unitários:

P1	preço aterro	30,6 R\$/m <sup>3</sup>
P2	preço escavação	12,91 R\$/m <sup>3</sup>
P3	preço decapagem	0,336 R\$/m <sup>3</sup>
P4	preço revestimento	11,16 R\$/m <sup>3</sup>
Bota fora		4,28 R\$/m <sup>3</sup>

Considerou-se um coeficiente de empolamento de 30% e o aproveitamento, aproveitamento do material escavado abaixo da decapagem e eliminação do volume decapado. Para cada seção, foi calculado um custo para cada metro de canal.

Tabela 26 - Custo do Canal Principal Taquarembó, seção 1

Discriminação	Quantidade (m <sup>3</sup> )	Custo (R\$)
Volume de aterro	65,19	R\$ 1.994,73
Volume escavado	8,70	R\$ 112,34
Volume decapado	38,09	R\$ 12,80
Volume de revestimento	23,90	R\$ 266,74
Custo total por m		R\$ 2.386,60

Tabela 27 - Custo do Canal Principal Jaguari, seção 1

Discriminação	Quantidade (m <sup>3</sup> )	Custo (R\$)
Volume de aterro	77,14	R\$ 2.360,48
Volume escavado	8,52	R\$ 109,94
Volume decapado	40,60	R\$ 13,64
Volume de revestimento	25,47	R\$ 284,20
Custo total por m		R\$ 2.768,27



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



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 28 - Resumo Sistema Taquarembó – Valores dos canais por m de comprimento

	Seção 1	Seção 2	Seção 3	Seção 4	Seção 5	Seção 6
Canal Principal	R\$ 2.386,60	R\$ 2.118,59	R\$ 2.002,21	R\$ 1.806,60	R\$ 588,41	R\$ 513,90
Canal ME	R\$ 1.592,58	R\$ 1.341,58	R\$ 1.129,25	R\$ 952,73	R\$ 842,04	R\$ 547,86
Canal MD	R\$ 714,21	R\$ 636,13	R\$ 585,66	R\$ 561,21	R\$ 546,32	R\$ 587,62
Canal secundário com bombeamento	R\$ 523,97	R\$ 503,97	R\$ 474,76	R\$ 453,46	R\$ 435,53	R\$ -
Canal secundário Picada das Pedras	R\$ 511,42	R\$ 465,23	R\$ 441,12	R\$ -	R\$ -	R\$ -

Tabela 29 - Resumo sistema Jaguari – Valores dos canais por m de comprimento

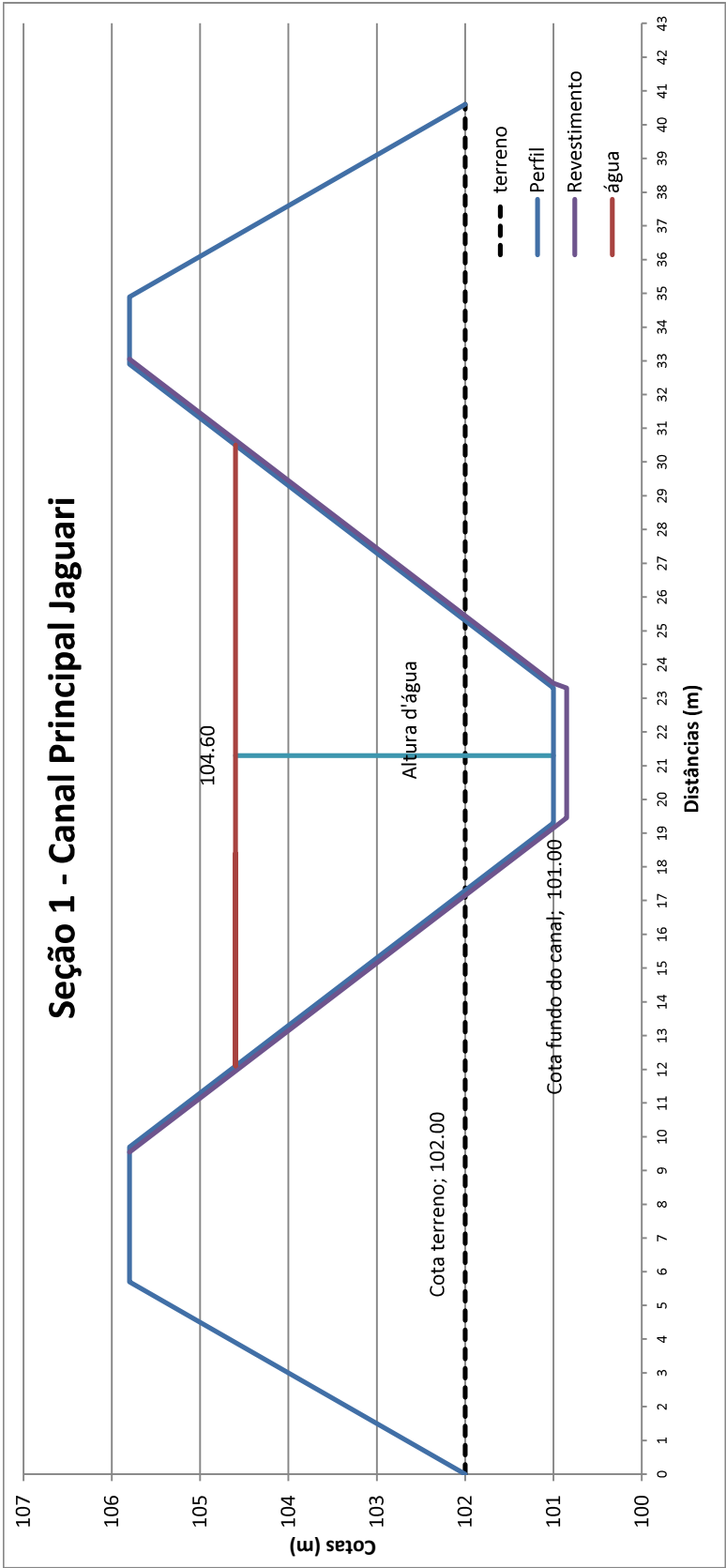
	Seção 1	Seção 2	Seção 3	Seção 4	Seção 5	Seção 6
Canal Principal	R\$ 2.768,27	R\$ 1.524,90	R\$ 1.327,65	R\$ 1.210,93	R\$ 1.267,12	R\$ 702,44
Canal ME	R\$ 1.191,68	R\$ 910,87	R\$ 730,46	R\$ 622,91	R\$ 553,18	R\$ 481,04
Canal secundário	R\$ 646,39	R\$ 594,52	R\$ 549,55	R\$ 481,11	R\$ -	R\$ -

Além dos custos dos canais em si, foram estimados os custos de desapropriação da faixa de terreno ocupada pelo canal, o custo de cercamento do canal ao longo de toda a sua extensão, o custo de obras de concreto (pontilhões e vertedores *bico de pato*) e uma verba para mobilização e construção dos canteiros de obra para as empreiteiras encarregadas de construir o canal. Os valores finais são apresentados nas tabelas a seguir.



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

RELATÓRIO TÉCNICO FINAL



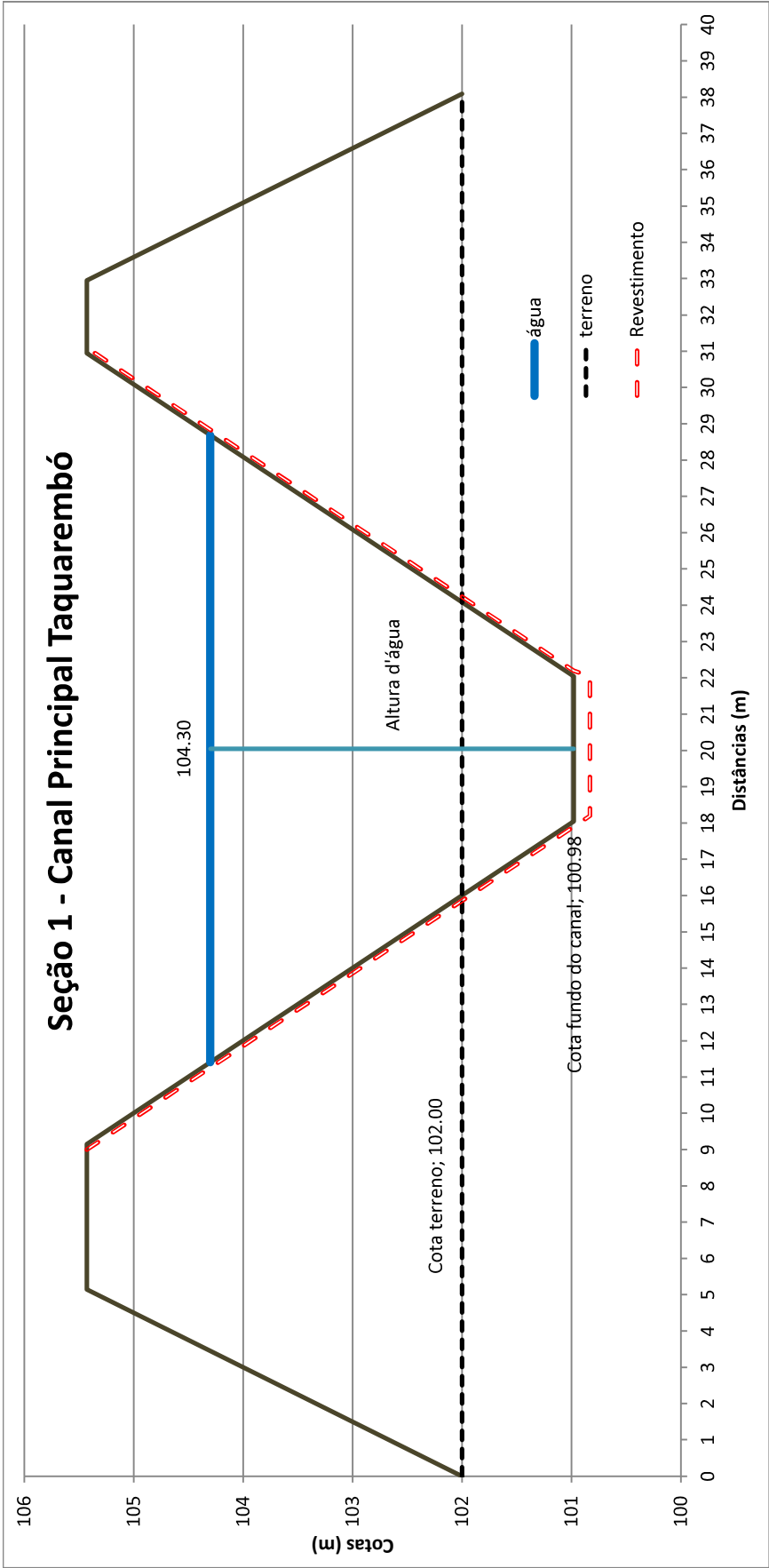
Exemplo de seção— Canal Principal Sistema Jaguari





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

RELATÓRIO TÉCNICO FINAL



Exemplo – Seção tipo canal principal Taquarembó



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



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 30 – Custos para o Sistema Taquarembó

	Custo dos canais	Custo tomadas	Custo desapropriação	Custo cerca	Aqueduto	Estruturas concreto	Mobilização e canteiro de obras	Total	Custo por m	Custo por hectare
	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)
Canal Principal	65.603.903	79.200	1.753.681	1.563.215		2.434.889	6.560.390	77.995.278	823	4.466
Canal ME CS Taquarembó	89.759.855	140.400	3.024.687	3.199.101	21.544.105	3.331.437	8.975.986	129.975.570	1.768	12.782
Canal MD	18.063.690	15.600	870.935	1.230.340		670.434	1.806.369	22.657.368	1.399	7.978
Canal Taq bombeamento	3.934.815	10.800	180.265	304.517	985.600	146.041	393.481	5.955.519	848	3.722
Canal Picada das Pedras	1.740.679	10.800	69.004	115.381		64.605	174.068	2.174.537	817	2.265
TOTAIS	179.102.942,00	256.800,00	5.898.572,00	6.412.554,00	22.529.705,00	6.647.302,00	17.910.294,00	238.758.272,00	1.614,42	8.408,43

Tabela 31 – Custos para o Sistema Jaguari

	Custo dos canais	Custo tomadas	Custo desapropriação	Custo cerca	Aqueduto	Estruturas concreto	Mobilização e canteiro de obras	Total	Custo por m	Custo por hectare
	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)
Canal Principal	148.970.363,97	121.200,00	4.576.591,19	4.109.747,52	2.414.425,52	3.625.938,66	14.897.036,40	178.715.303,25	1.885,54	7.750,69
Canal ME	68.078.251,61	84.000,00	2.700.138,26	3.187.350,24	4.213.272,32	1.657.024,64	6.807.825,16	86.727.862,23	1.179,83	10.451,66
Canal secundário	11.430.368,48	19.200,00	474.310,76	702.085,12	-	278.215,17	1.143.036,85	14.047.216,37	867,54	5.563,25
TOTAIS	228.478.984,06	224.400,00	7.751.040,21	7.999.182,88	6.627.697,83	5.561.484,41	22.847.898,41	279.490.381,85	1.310,97	7.921,87



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



**RELATÓRIO TÉCNICO FINAL**

Para a operação do sistema de canais foram considerados os custos referentes a uma equipe técnica administrativa que pode ser compartilhada pelos sistemas Taquarembó e Jaguari. Além disso, foram considerados os custos referentes à operação da patrulha mecanizada, consumo de energia elétrica nas estações de bombeamento do sistema e verba para manutenção das estruturas. As leis sociais foram consideradas como 100% dos salários.

**Tabela 32 - Equipe para cada sistema ou conjunto dos sistemas**

Equipe	Quantidade	Salário mensal	Custo mensal
Engenheiros	2	R\$ 11.200	R\$ 22.400
Técnicos	4	R\$ 11.200	R\$ 22.400
Administradores	4	R\$ 8.400	R\$ 16.800
Auxiliares	4	R\$ 4.200	R\$ 8.400
<b>Total</b>			<b>R\$ 70.000,00</b>
<b>Custo mensal</b>			
<b>Total</b>			<b>R\$ 840.000,00</b>
<b>Custo anual</b>			

**Tabela 33 - Patrulha mecanizada para cada sistema ou conjunto dos sistemas**

Equipamentos	Quant.	Custo unitário	Custo total	Anos	Resíduo	Amortização
Retroescavadeira	2	R\$ 600.000,00	R\$ 1.200.000,00	15	R\$ 240.000,00	R\$ 64.000,00
Caminhão	2	R\$ 250.000,00	R\$ 500.000,00	10	R\$ 100.000,00	R\$ 40.000,00
Trator	4	R\$ 130.000,00	R\$ 520.000,00	10	R\$ 104.000,00	R\$ 41.600,00
Veículo	4	R\$ 40.000,00	R\$ 160.000,00	5	R\$ 80.000,00	R\$ 16.000,00
Moto	8	R\$ 4.000,00	R\$ 32.000,00	5	R\$ 16.000,00	R\$ 3.200,00
<b>Valor anual</b>						<b>R\$ 164.800,00</b>

**Tabela 34 - Manutenção do sistema Taquarembó**

Manutenção	2,00%	1,00%	4,00%	5,00%	1,00%	
	Custo dos canais	Custo tomadas	Custo cerca	Aqueduto	Estruturas concreto	Total
	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)
Canal Principal	1.312.078,07	792,00	62.528,59	-	24.348,89	1.399.747,55
Canal ME CS Taquarembó	1.795.197,10	1.404,00	127.964,03	1.077.205,23	33.314,37	3.035.084,74
Canal MD	361.273,81	156,00	49.213,60	-	6.704,34	417.347,74
Canal Taq. bombeamento	78.696,29	108,00	12.180,69	49.280,00	1.460,41	141.725,39
Canal Picada das Pedras	34.813,57	108,00	4.615,24	-	646,05	40.182,86
<b>Custo anual</b>	<b>3.582.058,84</b>	<b>2.568,00</b>	<b>256.502,15</b>	<b>1.126.485,23</b>	<b>66.474,06</b>	<b>5.034.088,28</b>

**Tabela 35 - Manutenção do sistema Jaguari**

Manutenção	2,00%	1,00%	4,00%	5,00%	1,00%	
	Custo dos canais	Custo tomadas	Custo cerca	Bomba/aqueduto	Estruturas concreto	Total
	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)
Canal Principal	2.979.407,28	1.212,00	164.389,90	120.721,28	36.259,39	3.301.989,84
Canal ME	1.361.565,03	840,00	127.494,01	210.663,62	16.570,25	1.717.132,90
Canal secundário	228.607,37	192,00	28.083,40	-	2.782,15	259.664,93
<b>Custo anual</b>	<b>4.569.579,68</b>	<b>2.244,00</b>	<b>319.967,32</b>	<b>331.384,89</b>	<b>R\$ 55.611,78</b>	<b>5.278.787,67</b>

O custo operacional do sistema Jaguari foi estimado em R\$ 7.616.935,68 por ano; o custo operacional do sistema Taquarembó foi estimado em R\$ 6.370.527,17 por ano. O custo operacional para o conjunto dos sistemas foi estimado em R\$ 2.902.663 por ano.

Os custos mais expressivos são os referentes à manutenção das estruturas, que podem ser minorados a partir da terceirização dos mesmos.

A divisão dos custos anuais pelo volume estimado para cada canal a cada ano possibilitou a definição do valor de cada m³. Esse valor deve ser calculado a cada ano



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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

pela entidade gestora para fazer frente aos seus custos de operação e manutenção. No caso de concessão, deve incorporar ainda o lucro da concessionária.

Tabela 36 – Distribuição dos custos no sistema e custos finais por m<sup>3</sup>

	Sistema Jaguari	Sistema Taquarembó	Conjunto dos sistemas
Canais	59,99%	56,23%	63,18%
Tomadas	0,03%	0,04%	0,04%
Cerca	4,20%	4,03%	4,47%
Bomba	4,35%	17,68%	11,30%
Estruturas	0,73%	1,04%	0,95%
Mão de obra	11,03%	13,19%	6,51%
Amortização equip.	2,16%	2,59%	1,28%
Combustível	1,05%	1,26%	0,62%
Energia	16,45%	3,95%	11,66%
Total	100,00%	100,00%	100,00%
Custo por m <sup>3</sup>	R\$ 0,0308	R\$ 0,0227	R\$ 0,0244

Observa-se que o sistema Jaguari, por possuir um bombeamento de uma vazão expressiva, tem um custo por m<sup>3</sup> mais elevado que o do sistema Taquarembó. Por isso, o projeto executivo deve avaliar a atratividade de um aqueduto adicional sobre o rio Santa Maria para reduzir esse custo.

Com base nos consumos de água referenciais por hectare, definiu-se o valor a ser pago por cada proprietário para a entidade gestora, com base nos valores estimados anteriormente. Esses são valores apenas referenciais, sendo necessário redefini-los a cada ano de acordo com um plano de investimentos e manutenção a ser apresentado pela gestora aos produtores e ao Estado.

Os valores encontrados são atrativos em relação aos praticados na região para o “arrendamento” da água para o arroz, sempre superior a 10%, ou aos custos de bombeamento para a lavoura de arroz, cuja participação no custo da lavoura arrozeira médio é da ordem de 6 sacos por hectare para o Estado (IRGA, custo de produção safra 2010/2011). A alteração da posição da disposição da água gerará a necessidade de investimento em novas estruturas parcelares, mas permitirá a exploração de áreas hoje afastadas das fontes hídricas, o que eleva a atratividade calculada.



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



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 37 – Produtividade do Sistema Jaguari

	milho	soja	arroz
Volume	3.002,69	4.302,93	10.967,29
	R\$ 92,34	R\$ 132,33	R\$ 337,29
R\$/saco	28	58,5	31
sacos/hectare	3,30	2,26	10,88
Produtividade	100	80	160
% produ	3,30%	2,83%	6,80%

Tabela 38 - Produtividade do Sistema Taquarembó

	milho	soja	arroz
Volume	3.002,69	4.302,93	10.967,29
	R\$ 68,27	R\$97,84	R\$ 249,37
R\$/saco	28	58,5	31
sacos/hectare	2,44	1,67	8,04
produtividade	100	80	160
% produz	2,44%	2,09%	5,03%



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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 39 - Produtividade do Conjunto Jaguari - Taquarembó

	Milho	Soja	Arroz
Volume	3.002,69	4.302,93	10.967,29
	R\$ 73,40	R\$105,18	R\$ 268,08
R\$/saco	28	58,5	31
sacos/hectare	2,62	1,80	8,65
produtividade	100	80	160
% produ	2,62%	2,25%	5,40%

A análise das perdas, os comprimentos expressivos dos canais, a ampliação das áreas irrigadas frente ao projeto original e as características intra-anuais dos reservatórios geraram simulações hidrológicas com diferentes graus de atendimento às demandas projetadas. Por elas, observa-se que não é possível atender a todas as demandas com um nível de segurança desejável sem a redução das perdas. Por isso, a avaliação de viabilidade foi realizada sobre a alternativa de canal com revestimento, com uma espessura de 0,15 m de argila compactada.

No projeto executivo, deve ser identificada o conjunto de jazidas capazes de fornecer o volume de argila necessário ou indicada outra possibilidade de revestimento, como o uso de mantas geotêxteis.

#### 4.4 AVALIAÇÃO ECONÔMICA

A avaliação econômica de um projeto como esse, no qual os atores principais são os produtores agrícolas, cuja decisão de plantar ou não depende de uma imposição do órgão promotor, é mais complexa do que a de projetos de irrigação com assentamento de agricultores para os quais é instituída uma rede de serviços próprios do assentamento, como moradia, estruturas coletivas de armazenamento e beneficiamento e assistência técnica e extensão rural. Ou seja, nestes últimos os custos são maiores para o Estado, mas o poder de indução ao plantio também é.

Para o presente caso, os efeitos econômicos são dispersos e são importantes no conjunto da economia regional ou estadual.

Um dos métodos econométricos possível é o Método dos Efeitos, na vertente de Chervel e LeGall (Manual de evaluación económica: el método de los efectos. 1989. Ministerio de Cooperación e Desenvolvimento de Francia), que permite a compreensão dos efeitos multiplicativos da reserva hídrica na economia regional. Este método avalia os efeitos de uma alteração na economia regional em dois níveis:

- Efeitos primários (diretos e incluídos) – relativos à modificação da produção e consumos das unidades operacionais executoras e nas unidades relacionadas com estas;
- Efeitos secundários – relativos às modificações do rendimento dos agentes econômicos relacionados com o projeto que está sendo avaliado





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



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

As medidas dos efeitos primários são mensuradas pela variação do valor agregado em todas as unidades produtivas. Os efeitos secundários são obtidos pela influência na repartição pelos agentes da distribuição do valor agregado.

Com frequência, os dados necessários para executar análise não estão disponíveis. Nestes casos, a avaliação dos efeitos pode utilizar uma matriz que relaciona os setores econômicos e apresenta as inter-relações entre estes. Para isso, seriam utilizados os dados constantes na Matriz Insumo Produto da Fundação de Economia e Estatística, publicada em 2007, com base em dados de 2003. Atualmente, essa Matriz está sendo atualizada, mas a complexidade de sua obtenção só permitirá a sua publicação nos próximos anos.

O Modelo de Insumo-Produto foi desenvolvido por Wasily Leontief e publicado originalmente em 1936. Seu objetivo é possibilitar uma análise sobre as relações intersetoriais na produção e tem grande utilidade no apoio à formulação de políticas público-setoriais. A matriz de Leontief descreve de uma forma simplificada a economia, com base na premissa de que a divisão da economia em diversos setores possibilita verificar os inputs necessários para obtenção de cada produto. Assim, é possível visualizar quais os setores que são responsáveis pela alimentação de outros.

No modelo de Leontief, para cada setor a soma dos consumos intermediários e dos fatores primários é igual à soma dos consumos intermediários e das utilizações finais, ou seja, o input total de cada setor é igual ao seu output total. Genericamente, o consumo intermediário de certo bem  $i$  necessário para produção de uma unidade do bem  $j$  é dado por  $X_{ij} = a_{ij} * X_j$ , em que  $a_{ij}$  é um coeficiente técnico.

O modelo é de grande importância para o planejamento econômico, sendo possível, por exemplo, fazer-se a comparação das estruturas econômicas de produção ou produtividade, entre um país ou uma região. Ele também possibilita a comparação entre os impactos que a adoção de determinadas políticas teriam em diferentes regiões.

Além disso, torna-se possível verificar que repercussões ocorreriam em diferentes setores, caso houvesse alterações na demanda final de um setor. Ou seja, dado o encadeamento dos setores da economia em questão, pode-se analisar quais setores são impactados, e em que grau, quando estimulado por uma variação na demanda final, a produção de um determinado setor se eleva ou se reduz. Desta forma, este modelo permite que sejam identificados aqueles setores que possuem maior poder de encadeamento na economia.

O modelo de Leontief apresenta duas subdivisões, denominadas de modelo aberto e modelo fechado. O modelo aberto de Leontief considera os componentes da demanda final como elementos exógenos ao sistema. Desta forma as remunerações dos agentes fornecedores dos insumos primários do sistema, as quais têm impactos na aquisição de produtos, não são consideradas nas relações intersetoriais da economia. Neste modelo, é necessário separar os coeficientes tecnológicos, relação entre consumo intermediário do setor  $i$  pela produção total do setor  $j$ , das decisões de consumo. O modelo de insumo-produto deriva-se do equilíbrio entre oferta agregada e demanda agregada. No final, obtém-se uma equação matricial