

# INVENTÁRIO DE INFORMAÇÕES SOBRE PROJETO E EXECUÇÃO SOBRE A BARRAGEM DO CANAL SÃO GONÇALO

Júlia Borges Telmo (Universidade Federal do Rio Grande) E-mail: juliabtelmo@gmail.com  
Milene de Lima Rodrigues (Universidade Federal do Rio Grande) E-mail: rodrigueslmilene@gmail.com  
Karina Retzlaff Camargo (Universidade Federal do Rio Grande) E-mail: karinacamargo@furg.br  
Alexandre Felipe Bruch (Universidade Federal de Pelotas) E-mail: afbruch@gmail.com  
Marciano Carneiro (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) E-mail: marciano.carneiro@hotmail.com

**Resumo:** O presente artigo realiza um inventário técnico e histórico da Barragem do Canal São Gonçalo, construída em 1977 no sul do estado do Rio Grande do Sul, com o objetivo de conter a intrusão de água salgada na Lagoa Mirim e garantir a qualidade hídrica para a irrigação, abastecimento urbano e preservação ecológica. A pesquisa documenta, especialmente, o processo de planejamento e execução da barragem, destacando desafios enfrentados, como a escolha estratégica da localização no perfil chamado de IPEAS, pautada por critérios geotécnicos favoráveis e pela proximidade de recursos naturais. Os métodos construtivos adotados, como o desvio hidráulico do canal e diques de fechamento, são descritos em detalhes. Foram apresentados dados geotécnicos da área, incluindo caracterização e parâmetros de deformabilidade e resistência dos solos, que embasaram decisões críticas no projeto. O artigo também enfatiza a necessidade de estudos futuros para a auscultação geotécnica da barragem, após quase cinco décadas de operação, visando avaliar a sua segurança e funcionalidade. Conclui-se que esta barragem permanece como um exemplo de engenharia hídrica eficiente e integrada, demonstrando o impacto positivo de obras bem planejadas no desenvolvimento regional e na preservação ambiental.

**Palavras-chave:** Parâmetros geotécnicos, Canal de desvio, Auscultação geotécnica

## INVENTORY OF DESIGN AND CONSTRUCTION INFORMATION OF THE SÃO GONÇALO CHANNEL DAM

**Abstract:** This article presents a technical and historical inventory of the São Gonçalo Channel Dam, constructed in 1977 in the southern region of Rio Grande do Sul, with the purpose of preventing saltwater intrusion into the Mirim Lagoon and ensuring water quality for irrigation, urban supply, and ecological preservation. The research specifically documents the planning and execution process of the dam, highlighting challenges such as the strategic selection of the IPEAS profile location, based on favorable geotechnical criteria and proximity to natural resources. The adopted construction methods, including the hydraulic diversion of the channel and closure dikes, are described in detail. Geotechnical data of the area were presented, including characterization and parameters of soil deformability and strength, which supported critical decisions in the project. The article also emphasizes the need for future studies on the geotechnical monitoring of the dam, nearly five decades after its operation began, to assess its safety and functionality. It concludes that this dam remains an example of efficient and integrated hydraulic engineering, demonstrating the positive impact of well-planned infrastructure on regional development and environmental preservation.

**Keywords:** Geotechnical parameters, Diversion channel, Geotechnical monitoring

### 1. Introdução

No sul do estado do Rio Grande do Sul há dois principais corpos hídricos formados a partir de longas barreiras arenosas naturais: a Laguna dos Patos e a Lagoa Mirim. Estes sistemas são interligados pelo Canal do São Gonçalo (CSG). O CSG está localizado na porção oeste-sul do sistema da Laguna dos Patos, estendendo-se por 76 km até conectar-se à Lagoa Mirim. O canal tem origem natural, apresenta um curso sinuoso, com largura variando entre 200 e 300 m e uma profundidade de até 10 m (BURNS, 2010). Segundo CLM (1972), o regime natural de escoamento do CSG é complexo, invertendo periodicamente a direção do seu fluxo, o que assim o configura como um canal. Em determinados períodos, especialmente de estiagem, a entrada de água salgada pela Laguna dos Patos causava

salinização do CSG e da Lagoa Mirim.

Segundo CLM (1970), com vistas ao desenvolvimento agrícola na entorno da Lagoa Mirim e CSG, na década de 1970, Brasil e Uruguai, em parceria com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), construíram um Plano Diretor para a Lagoa Mirim, sendo um dos subprogramas a construção da Barragem do Canal São Gonçalo e sua eclusa (BCSG). A Figura 1 mostra a localização da BCSG. O principal objetivo desta construção, concluída em 1977, foi impedir a entrada de água salgada em período de estiagem em parte do CSG e Lagoa Mirim.

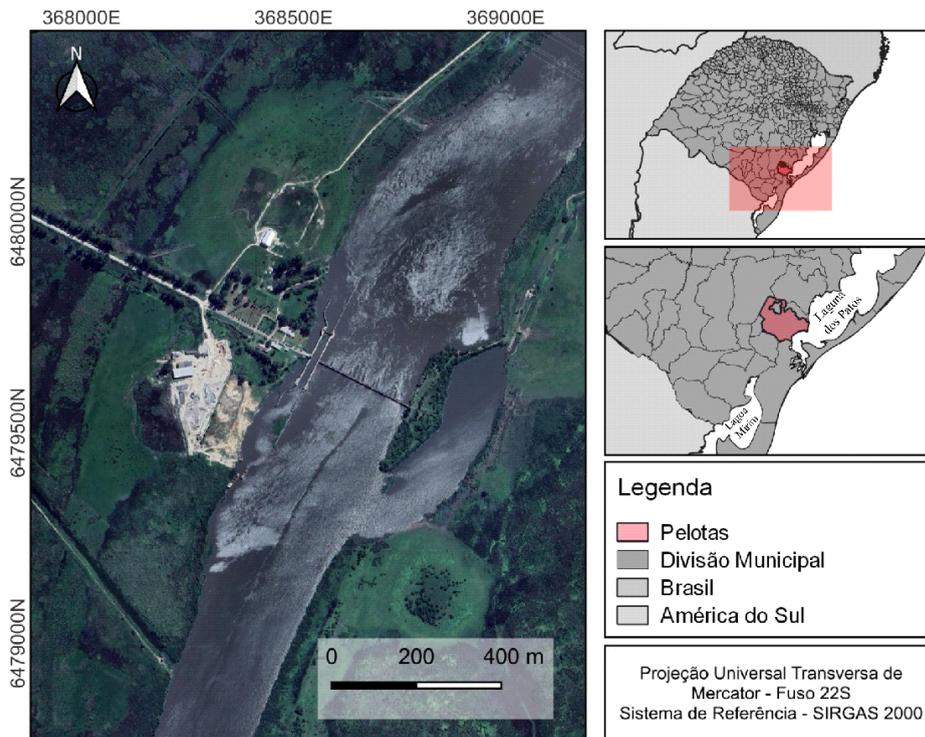


Figura 1: Mapa de localização da Barragem do Canal São Gonçalo



Figura 2: BCSG em imagem de 17/4/2012 (adaptado de SIMON E SILVA, 2015)

Segundo a USSD (2008), a auscultação corresponde ao conjunto de métodos, métricas e observações de comportamento de uma determinada obra de engenharia, com o objetivo de controlar suas condições de segurança, comprovar a validade de hipóteses e dos métodos de cálculo utilizados no projeto, como também verificar a necessidade de medidas corretivas. Dentro deste contexto, pretende-se, em etapas futuras, quase cinco décadas após a

construção da BCSG, realizar a auscultação geotécnica do canal de desvio da barragem. Entretanto, para que esta auscultação possa ser adequadamente realizada, é necessário realizar um inventário de informações, especialmente, geotécnicas de interesse sobre projeto e obra do BCSG. Por isso, o objetivo deste trabalho é apresentar esta etapa preliminar da auscultação geotécnica da BCSG.

## 2. Material e métodos

Em síntese, a etapa inicial deste trabalho consistiu na pesquisa e identificação de textos técnicos e projetos, especialmente da década de 1970, referentes ao projeto e execução das obras da BCSG. De posse desses materiais, foi realizada a leitura cuidadosa de cada um desses documentos e inventariadas as informações de interesse. Em alguns casos, como por exemplo, em função de atualização de normas técnicas específicas, estes dados precisaram ser reinterpretados.

## 3. Análise e discussão dos dados

Segundo Ministério do Interior (1970), o CSG é o escoadouro natural das águas da Lagoa Mirim, que através do mesmo e da Laguna dos Patos atingem o Oceano Atlântico. Pelo CSG, portanto, escoam-se as águas drenadas pela Bacia Hidrográfica da Lagoa Mirim, cuja superfície é de cerca de 61.500 km<sup>2</sup>, do quais 29.000 km<sup>2</sup> no Brasil e 32.000 km<sup>2</sup> no Uruguai. Assim, como consequência de suas características, ligando duas massas líquidas de grandes volumes, o CSG apresenta um regime de escoamento extremamente complexo, invertendo periodicamente o sentido de sua corrente. Ainda segundo o documento, em função de um regime pluviométrico de alta irregularidade e de características regionais de evapotranspiração, o CSG tem apresentado descargas máximas da ordem de 3.000 m<sup>3</sup>/s durante a ocorrência de inundações. Por outro lado, nas estiagens prolongadas, chega até mesmo a reduzir a descarga a zero, quando geralmente se verifica a inversão de sentido na sua corrente. Com efeito, quando o nível das águas da Lagoa Mirim atinge a elevação crítica de 0,70 m (Nível Médio do Mar – NMN – *datum* Torres), o sentido da corrente do CSG se torna dependente quase que exclusivamente do regime dos ventos. Em tais circunstâncias, o vento NE, por exemplo, predominante no verão, enseja que as águas corram para a Lagoa Mirim, ao passo que o vento SO tem efeito contrário, funcionando o conjunto como um sistema de vasos comunicantes. Desta forma, enquanto o vento SO, quando predominante, retira um volume significativo de água da Lagoa Mirim, o vento NE promove a reposição desta. Acrescenta-se, ainda, que nos períodos de estiagem somam-se os efeitos da contribuição reduzida dos afluentes, da elevada evaporação direta da Lagoa Mirim, que é da ordem de 3 mm/dia, e das descargas do CSG para agravar o abaixamento de nível.

Em anos de baixa pluviosidade, quando a parte meridional da Laguna dos Patos recebe água salgada pela Barra do Rio Grande, o fenômeno de reposição de água na Lagoa Mirim, por efeito de alternância dos ventos implicava na instrução salina na mesma, através do CSG. Esta intrusão ocorria, normalmente, de 3 em 3 anos e tinha seu menor ou maior avanço condicionado pela intensidade e duração dos ventos e pelo maior ou menor abaixamento do nível existente (MINISTÉRIO DO INTERIOR, 1970).

O relatório, como exemplo de situação extrema, cita o verão de 1946, quando a água salgada atingiu, nas imediações do Porto de Santa Vitória, a concentração de 1190 p.p.m. de cloreto de sódio, estimando-se que cerca de dois terços da Lagoa Mirim apresentava também significativa concentração de sal. À época, fez-se a análise da frequência de salinização para uma concentração de 500 p.p.m., considerada a máxima permissível para a irrigação, considerando-se um período de 59 anos, conforme apresentado na Figura 3.

Ainda segundo o relatório, em termos médios, o estudo da frequência de salinização para os diferentes meses, conforme Figura 4, revela que a maior probabilidade de salinização correspondia ao mês de abril, ou seja, ao fim do período normal de estiagem. Apesar disso, verifica-se que a probabilidade de salinização era ainda elevada nos meses de janeiro, fevereiro e março, o que tornava crítica a situação das lavouras de arroz irrigadas com as águas da Lagoa Mirim, posto que o ciclo de cultivo costuma iniciar em novembro e estender-se até março. Levando isso em consideração, houve a necessidade da construção da Barragem do Canal São Gonçalo, conforme descrito a seguir.

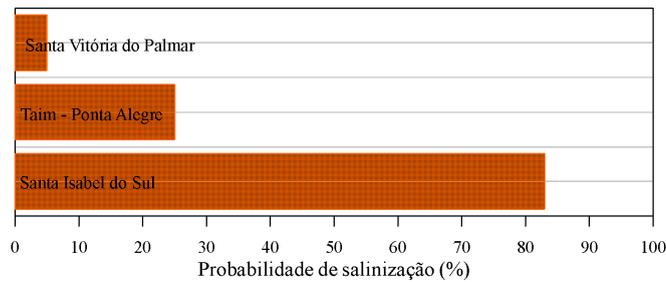


Figura 3: Probabilidade de sanilnização (adaptado de DNOS, 1970)

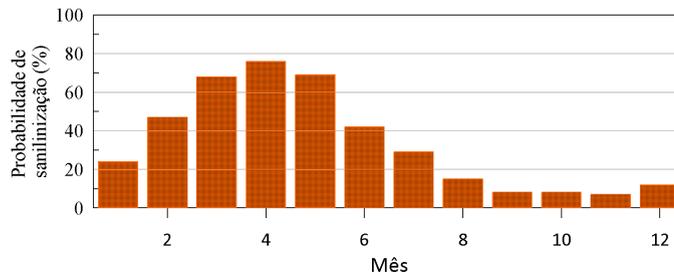


Figura 4: Probabilidade de sanilnização por mês (adaptado de DNOS, 1970)

Segundo DNOS (1970), o projeto da BCSG tinha por objetivo impedir a intrusão de água salgada na Lagoa Mirim, assegurando assim, em 100% do tempo, a boa qualidade desta reserva de água doce para o atendimento das necessidades regionais de abastecimento urbano e de irrigação. Neste sentido, o projeto da estrutura de controle sobre o CSG contemplava os seguintes propósitos: (i) Abastecimento de água às cidades de Rio Grande e Pelotas; (ii) Irrigação das terras marginais, principalmente para cultivo de arroz; (iii) Navegação interior no sistema Lagoa Mirim – Canal São Gonçalo – Laguna dos Patos; (iv) Proteção das espécies aquáticas que nesta grande reserva de água doce tem seu habitat ideal. Segundo Fleming (1970), o CSG apresenta alguns pontos característicos ao longo do seu curso: (i) Km 0 – saída da Lagoa Mirim – Sangradouro; (ii) Km 5 – Santa Isabel – cais de carregamento de calcário e travessia em balsa; (iii) Km 33 – Confluência com o Rio Piratini; (iv) Km 63 - Ponte Rodoviária de Pelotas; (v) Km 64,5 - Porto de Pelotas; (vi) Km 76 – Barra do São Gonçalo – entrada na Laguna dos Patos.

Levando em consideração estas características, o consultor orientava que a barragem poderia ser localizada em qualquer ponto ao longo do curso do Canal, mas que algumas ponderações limitavam esta escolha: (i) uma barragem abaixo do Porto de Pelotas necessitaria adaptar as comportas para toda a navegação que chega à Pelotas e também elevaria o nível d’água junto à cidade, o que seria considerado indesejável; e (ii) a menos que existissem outras vantagens preponderantes, o local deveria ser adequado ao acesso rodoviário existente.

Neste contexto, o consultor concluía que:

*“Isto restringe a escolha de locais, ou macro-localização, a duas alternativas: em Santa Isabel, próximo à lagoa e a montante da confluência do rio Piratini, ou imediatamente a montante de Pelotas, em um local a jusante da confluência do rio Piratini e, no entanto, acima da cidade e do Porto de Pelotas, mas com bom acesso rodoviário. Qualquer locação entre estes dois locais envolveria dificuldades desnecessárias com acesso e não apresentaria nenhuma vantagem óbvia” (FLEMING, 1970).*

De acordo com DNOS (1970), desde o início dos estudos, estas duas alternativas de localização da BCSG foram consideradas: (i) em Santa Isabel do Sul, próximo à travessia de barcas do antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) – chamada de Santa Isabel; e (ii) aproximadamente a 1 km à montante da ponte ferroviária do ramal Rio Grande-Pelotas, em frente à antiga sede do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuária do Sul (IPEAS) – chamada de IPEAS.

Segundo o relatório, em ambos os locais foram realizadas investigações básicas, especialmente de topografia e geologia, de forma a promover um cotejo definitivo das vantagens e desvantagens oferecidas pelos mesmos. Optou-se pela local IPEAS principalmente em razão dos seguintes aspectos: (i) previne a intrusão salina em cerca de 90% do CSG; (ii) as características geológicas para efeito de suporte das fundações são melhores do que no local Santa Isabel; (iii) maior facilidade para adução de água até as cidades de Rio Grande e Pelotas; (iv) evita a salinização do Rio Piratini, o que havia ocorrido em diversas oportunidades; (v) a eventual sobre-elevação dos níveis d’água por efeito de remanso é mais reduzida para a barragem localizada no perfil IPEAS do que em Santa Isabel; (vi) apresenta maior facilidade para obtenção dos materiais de construção, especialmente dos agregados para concreto (maior proximidade do Escudo Cristalino).

Em alguns aspectos, contudo, o relatório aponta que a localização em Santa Isabel seria vantajosa, por que proporcionaria, por exemplo, a movimentação livre das barcas que transportam rocha calcária que teriam seus cais de acostamento à jusante da barragem, o que possibilitaria a construção escalonada da eclusa. Além disso, o eventual assoreamento, junto à estrutura, por sedimentação de carga sólida do Rio Piratini, seria desconsiderado, se adotado o local Santa Isabel. Outra questão é que se fossem combinadas a estrutura de controle com a ponte rodoviária, a alternativa por Santa Isabel seria mais facilmente defensável, porque permitiria reduzir o trajeto desde Arroio Grande a Jaguarão até o Porto de Rio Grande, além de situar-se no traçado projetado para a BR-473 (Aceguá-Herval-Santa Isabel). Estudos da época apontavam para uma grande economia se fosse construída uma barragem-ponte em Santa Isabel em lugar de uma barragem em Pelotas e uma ponte rodoviária em Santa Isabel. Porém, na época já estimava-se que o custo de adução da água para Pelotas absorveria a economia referida. Somente em 2023, a adução para Pelotas passou a ser realizada através da Estação de Tratamento de Água São Gonçalo.

Levando em conta estas informações, a BCSG foi construída no local denominado como IPEAS pelo relatório. Fleming (1970) descrevia esta localização com distante cerca de 4 km a montante da ponte rodoviária de Pelotas e que nela a planície de inundação do São Gonçalo apresentava um estreitamento, sendo considerado o melhor para a barragem e de fácil acesso desde Pelotas, com boas conexões rodoviárias no lado norte e estradas razoáveis ao sul, exigindo, assim, um mínimo de novos acessos rodoviários e diques de fechamento. Além disso, o consultor alertava que as condições para fundações era melhor que em Santa Isabel, devido ao material arenoso transportado pelo rio Piratini e, além disso, o material de boa capacidade de suporte não estava muito abaixo do leito do canal.

Fleming (1970) alertava que se a barragem fosse construída no local em que ela efetivamente foi, esta deveria ser dimensionada para dar passagem tanto às cheias do rio Piratini como a descarga da Lagoa Mirim. A descarga do Piratini aumentaria a água

armazenada na Laguna, embora os dados dos modelos matemáticos indicassem que esta adição dificilmente seria significativa num ano realmente seco (quando seria necessária).

Segundo ALM (2011), a eclusa foi construída em uma área desapropriada em outubro de 1972 com 28 ha, situada no lugar denominado Fazenda Nossa Senhora da Conceição do Fragata, de propriedade do Sr. Carlos Schaun Filho. A construção levou 5 anos e a obra foi inaugurada em 18 de março de 1977 pelo então Presidente do Brasil Ernesto Geisel e pelo Governador gaúcho Sinval Guazelli, juntamente com o então Embaixador do Uruguai Carlos Manini Rios.

Ainda segundo ALM (2011), o corpo da barragem é constituído por um diafragma de concreto armado, parcialmente moldado no local, com extensão de 245 m, de margem a margem, 12 m de profundidade dos quais 9 m estão abaixo do fundo regularizado do canal (cota -5,00 m). No trecho central da barragem, com 217 m de extensão, há 18 comportas basculantes com vão livre de 11,80 m por 3,2 m de altura. O coroamento da parte fixa da barragem está na cota -2,00 m e o topo das comportas fechadas atinge a cota +1,20 m. As comportas podem ser comandadas manual ou automaticamente por guinchos, dispostos sobre a ponte de serviço, construída sobre a barragem, apoiadas em placas espaçadas a cada 12,05 m do trecho central. As comportas articulam-se na borda inferior com o corpo da barragem; quando abertas, são rebatidas sobre pilaretes, especialmente construídos para apoio. Ao pé da barragem, por medida de proteção, de um lado e de outro, estão colocadas faixas de enrocamento, sendo a interna de 5 m e a externa de 30 m de largura. Na margem direita, um dique prolonga-se rio abaixo por 180 m e é destinado a conduzir as águas que transbordarem por esse vertedouro de emergência, constituído pelo terreno natural, nivelado na cota +1,00 m, evitando fluxos transversais à barragem.

Embora Ministério do Interior (1970) apresente a caracterização geotécnica tanto da localização Santa Isabel, quanto da localização IPEAS, como este último foi o local escolhido para a construção da barragem, optou-se por apresentar neste trabalho apenas os dados deste. Segundo o documento, os trabalhos de perfuração e testes de laboratório foram realizados pelo Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul, utilizando equipamento de sondagem à percussão com testes de penetração e perda de água em quatro perfurações. A sondagem 01 foi realizada afastada 1 km do canal, sobre o *flood plain* da margem esquerda e as sondagens 02 e 03 foram realizadas nas margens, a 10 metros do canal e a sondagem 4 foi realizada no centro do leito do canal. Duas outras sondagens foram executadas junto às perfurações 02 e 03 usando sonda de 6" de diâmetro para coletas de amostras indeformadas, as quais foram analisadas em laboratório. Além disso, foi empregado vane test *in situ* para a determinação da resistência ao cisalhamento não-drenada dos solos.

O relatório apresenta uma tabela e duas figuras de resultados de distribuição granulométrica. Sabe-se que estes dados são referentes à localização IPEA, embora não tenha sido possível precisar o local, nem a profundidade das amostras avaliadas. Embora os limites das frações granulométricas utilizados não tenham sido apresentados, pela comparação com as curvas granulométricas é possível inferir que os limites utilizados foram diferentes dos limites da norma técnica vigente. No relatório, foi considerado como argila toda a fração inferior a 0,005 mm e como silte toda a fração com grãos maiores que 0,005 mm e menores ou iguais a 0,05 mm. O limite da fração areia não pode ser inferido. A Tabela 1 apresenta os resultados atualizados em função dos limites estabelecidos pela norma técnica vigente, onde  $\varphi$  representa o diâmetro equivalente dos grãos.

Ministério do Interior (1970) destacava que toda a área de acumulação que iria se formar estaria sobre sedimentos do Pleistoceno (argilo-arenosos sem problemas de perda de água por percolação) e aluviais. Além disso, do ponto de vista da permeabilidade, o local poderia ser assim considerado: a margem esquerda, classificada como de solos praticamente impermeáveis, onde o coeficiente de permeabilidade estava entre  $10^{-7}$  e  $10^{-9}$  cm/s; e margem

direita, classificada no relatório como impermeável, com valores variando entre  $10^{-8}$  e  $10^{-9}$  cm/s. A Figura 5 apresenta os resultados de resistência ao cisalhamento não-drenada ( $S_u$ ) determinados através de ensaios vane test *in situ*, nos locais das sondagens S02 e S03. A Tabela 2 apresenta a síntese dos resultados de ensaios SPT apresentados no relatório, onde  $N_{SPT}$  corresponde ao número de golpes para cravar os 30 cm finais do amostrador padrão do ensaio.

Tabela 1 – Frações granulométricas IPEAS

Fração granulométrica	$\phi$ (mm)	Solo I (%)	Solo II (%)
Argila	$\phi \leq 0,002$	28	< 24
Silte	$0,002 < \phi \leq 0,06$	65	68 a 92
Areia	$0,06 < \phi \leq 2,0$	7	8

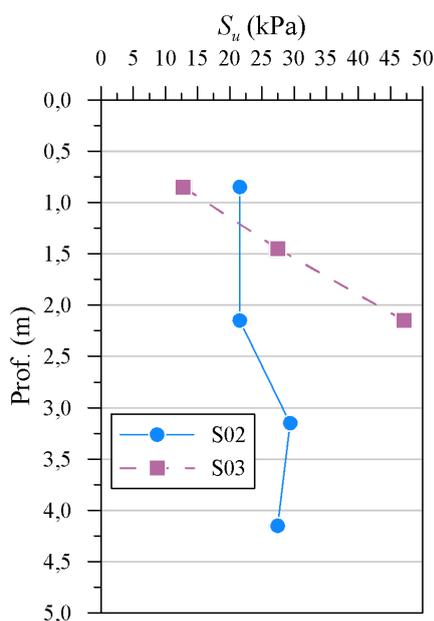


Figura 5: Resistência ao cisalhamento não-drenada em IPEAS (adaptado de DNOS, 1970)

Tabela 2 – Valores de  $N_{SPT}$  em IPEAS (adaptado de DNOS, 1970)

Sondagem	Profundidade. (m)	$N_{SPT}$
S01	0,00 – 1,80	3
	1,80 – 17,70	14
	17,70 – 20,00	30
S02	0,00 – 4,90	0
	4,90 – 7,00	7
	7,00 – 9,00	30
	9,00 – 11,50	11
	11,50 – 20,00	17
S03	0,00 – 6,00	1
	6,00 – 11,80	5
	11,80 – 24,00	18

A Tabela 3 apresenta os resultados dos ensaios de cisalhamento. Não foram encontradas descrições sobre o tipo de ensaio realizado. Ainda segundo o relatório, para os testes de permeabilidade utilizou-se o método *slug*, com extremidade aberta, calculando-se o coeficiente de permeabilidade pela fórmula modificada de Dupuit, conforme Equação 01.

$$Q = 0,366 \frac{P}{R} \log \frac{R^2}{r^2} \quad \text{Equação 1}$$

onde  $Q$  é a vazão,  $P$  é a carga total, em termos de coluna d'água,  $h_p$  é o intervalo de investigação,  $R$  é o raio do cone de depressão e  $r$  é o raio de perfuração. A vazão específica ( $Q_{sp}$ ) foi determinada pela Equação 02. Os resultados de permeabilidade estão sumarizados nas Tabelas 4 e 5, para as sondagens S02 e S03, respectivamente.

$$Q_{sp} = \frac{Q}{L} \quad \text{Equação 2}$$

Tabela 3 – Resultados de ensaios de cisalhamento IPEAS (adaptado de DNOS, 1970)

Sondagem	Profundidade. (m)	Tensão (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformação específica (%)
S02	0,40 – 0,70	0,332	8,8
	1,60 – 1,90	0,249	10,3
	2,90 – 3,20	0,08	5,49
	2,90 – 3,20	0,08	7,78
	2,90 – 3,20	0,08	8,47
	3,50 – 3,80	0,161	4,2
	3,50 – 3,80	0,159	4,85
	3,50 – 3,80	0,08	1,74
S03	0,60 – 0,90	0,333	5,9
	0,60 – 0,90	0,417	4,6
	0,90 – 1,20	0,250	3,4
	0,90 – 1,20	0,316	5,3
	0,90 – 1,20	0,316	5,59

Tabela 4 – Resultados de permeabilidade IPEAS – S02 (adaptado de DNOS, 1970)

Profundidade. (m)	Carga total (m)	$Q$ (L/min)	$Q_{sp}$ (L/min/m)	$k$ (cm/s)
0 - 3	4	0,6	0,05	$1,2 \times 10^{-9}$
3 - 6	7	4,5	0,21	$4,8 \times 10^{-9}$
6 - 9	10	0,3	0,01	$2,43 \times 10^{-7}$
9 - 11	12	0,25	0,01	$2,45 \times 10^{-7}$
11 - 14	15	0,09	0,002	$3,1 \times 10^{-8}$
14 - 17	18	0,23	0,004	$1,0 \times 10^{-7}$
17 - 19	20	0,23	0,006	$2,49 \times 10^{-8}$

Segundo DNOS (1974), a concepção das obras de desvio para a construção da BCSG baseou-se na premissa da impossibilidade de acesso de equipamentos convencionais de terraplanagem pela margem direita do canal. No relatório consta que a crista da ensecadeira da eclusa, como também do dique de fechamento foi prevista para a cota + 2,50 m e foi determinada em função da frequência do nível de água (NA) em Pelotas e do NA admitido para trabalho no diafragma (+1,0 m). O objetivo principal foi o fechamento completo do canal, antes do início dos trabalhos de construção da cortina da barragem, o que tornou necessário o desvio do canal pela margem direita. O projeto previa um dique de fechamento constituído por aterro hidráulico, recorrendo-se a enrocamento lançado, se necessário, para finalizar o fechamento.

Tabela 5 – Resultados de permeabilidade IPEAS – S03 (adaptado de DNOS, 1970)

Profundidade. (m)	Carga total (m)	Q (L/min)	Qsp (L/min/m)	k (cm/s)
0 - 3	4	0,6	0,05	$1,2 \times 10^{-6}$
3 - 6	7	3,27	0,15	$3,6 \times 10^{-6}$
6 - 9	10	0,33	0,03	$2,4 \times 10^{-7}$
9 - 12	13	0,3	0,008	$1,9 \times 10^{-7}$
12 - 15	16	0,07	0,0014	$3,03 \times 10^{-8}$
15 - 18	22	0,5	0,007	$1,7 \times 10^{-6}$
21 - 24	25	0,6	0,008	$1,5 \times 10^{-6}$

No projeto (DNOS, 1974) eram previstas quatro etapas construtivas:

- **Etapa 01:** escavação da argila mole superficial e na construção dos aterros provisórios da eclusa de navegação e dos muros de guia. Estes aterros poderiam ser lançados hidráulicamente com auxílio de dragas. O material a ser utilizado deveria ser o material de fundo localizado tanto a jusante quanto à montante da barragem;

- **Etapa 02:** consiste na abertura do canal de desvio da direita e na construção do dique de fechamento do rio através de aterro hidráulico. Durante a escavação do canal de desvio uma parte do material escavado seria aproveitada para a construção simultânea do dique de fechamento (abaixo da cota -5 m). Além deste material, provavelmente haveria necessidade de empréstimo de material arenoso, que poderia ser retirado do fundo do rio em outros locais, tanto a montante como a jusante da barragem. O comprimento do dique de fechamento construído através de aterro hidráulico alcançaria um ponto máximo, além do qual seria impossível a sua construção, devido à erosão provocada pelo estrangulamento do rio. A partir desta ponte, ter-se-ia início a Etapa 3;

- **Etapa 03:** consiste no fechamento final do rio e no desvio por completo através do canal lateral. Após a proteção de ponta de aterro hidráulico, com enrocamento, preceder-se-ia ao fechamento final com enrocamento lançado através de caminhões, partindo-se da eclusa em direção ao aterro. A deposição deste material de fechamento deveria ser efetuada com uma velocidade maior que a erosão e o carreamento pelas águas do próprio material. O eixo do dique final constituído de enrocamento, deveria ser desviado em relação ao eixo do dique do aterro hidráulico, de tal maneira que não criasse obstáculos durante a escavação para construção da cortina. Após o fechamento completo, completar-se-ia o dique principal através da colocação de aterro hidráulico;

- **Etapa 04:** consiste na construção final da barragem e da eclusa, para em seguida executar o fechamento definitivo do canal de desvio. Recomendava-se a destruição dos aterros provisórios da eclusa e da barragem, para permitir o desvio do rio e navegação através dele. Previa-se que este fechamento poderia ser efetuado tanto a montante como a jusante., através de aterro e, eventualmente, alguma enrocamento. Após o fechamento, as águas passariam tanto pela eclusa, quanto pela barragem propriamente dita.

O relatório ainda descreve que, embora quatro larguras diferentes (60, 80, 100 e 120 m) tenham sido avaliadas, o projeto passou a prever a construção com 120 m de largura em função das velocidades de escoamento estimadas para cada configuração. Durante a construção das obras de desvio, a descarga considerada foi de 500 m<sup>3</sup>/s a ser dividida entre o canal de desvio e o CSG, conforme Figura 6. Em consonância com o projeto, a descarga total passaria através do canal de desvio imediatamente após o fechamento completo do CSG, com vazão de 480 m<sup>3</sup>/s. Em síntese, previa-se que com a construção gradual do dique de fechamento, dar-se-ia início às alterações das condições naturais de escoamento pré-existentes. Gradualmente, a seção se estrangulava, provocando elevação do NA à montante, fazendo entrar em funcionamento o canal lateral de desvio. As novas condições hidráulicas seriam continuamente alteradas, até que se completasse o fechamento total do rio.

O projeto previa que durante a construção do dique de fechamento deveriam ser desenvolvidas duas maneiras construtivas diferentes. Inicialmente deveria ser construído o dique de aterro hidráulico e, após, o dique deveria ter continuação através de enrocamento. O aterro hidráulico foi previsto para ser construído como aterro de ponta, em trechos de 20 em 20 metros. Somente deveria ser iniciada a construção de um trecho após o trecho anterior ter alcançado a cota + 2,50 m. O aterro hidráulico deveria ser interrompido no momento em que a largura média do estrangulamento alcançasse 20 m. A Figura 7 apresenta os desenhos esquemáticos que representam esta etapa. Admitindo-se uma perda de material de 25%, o volume aproximado estimado foi de 175.000 m<sup>3</sup> (excetuando-se o aterro hidráulico necessário para a execução da cortina ao longo dos 20 m, correspondente ao fechamento final).

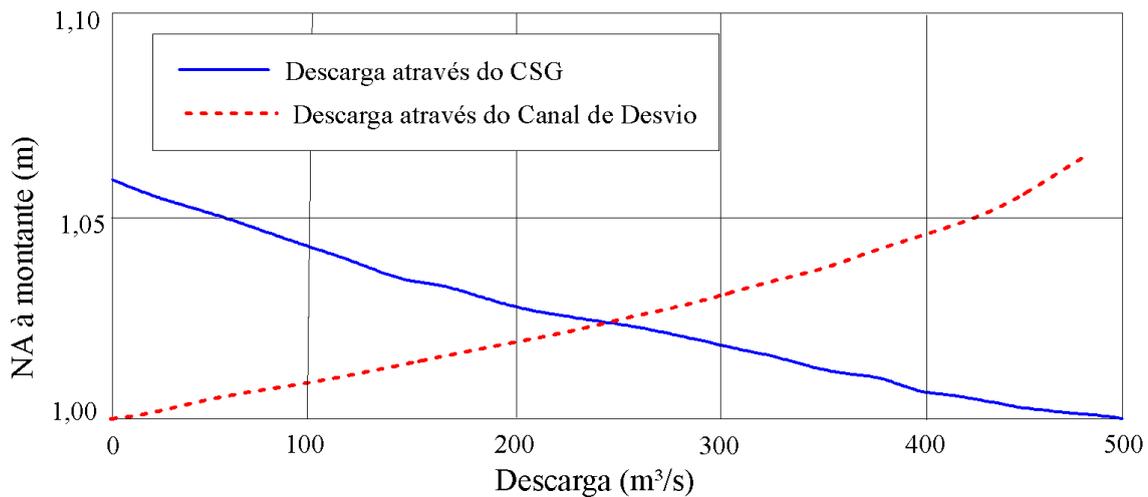


Figura 6: Repartição de descarga entre o canal de desvio e o CSG – L = 120 m (adaptado de DNOS, 1974)

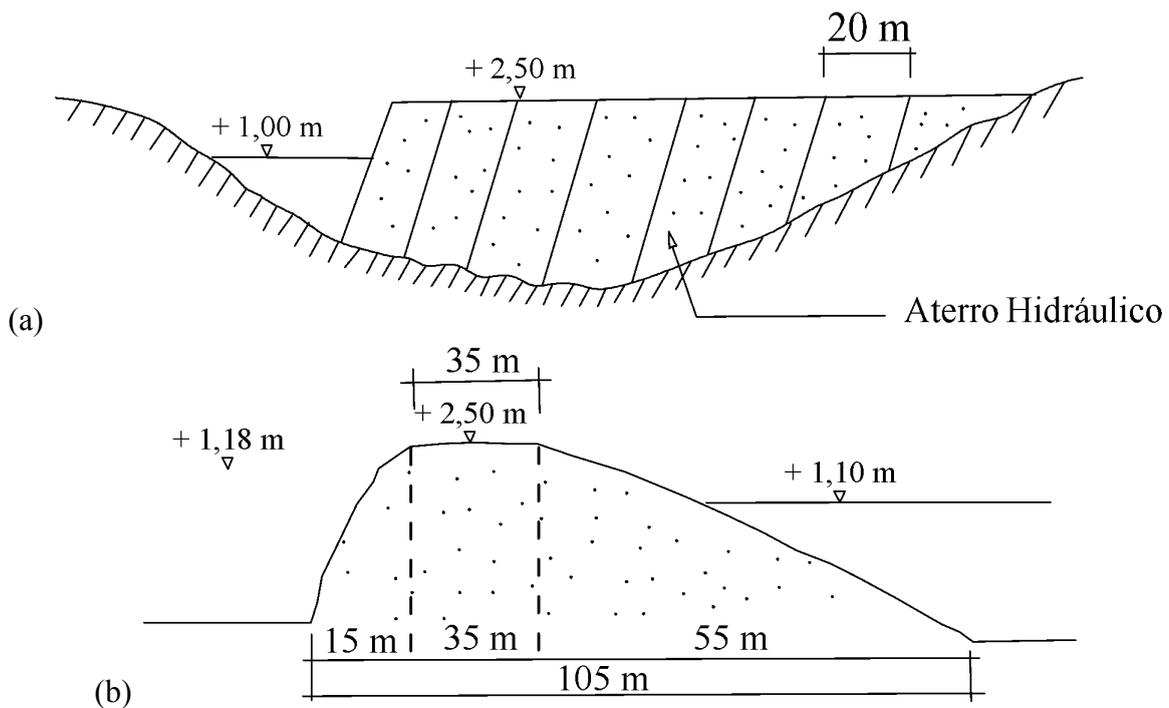


Figura 7: Desenho esquemático do aterro hidráulico: (a) seção longitudinal; e (b) seção transversal (adaptado de DNOS, 1974)

Quanto ao dique de enrocamento, previa-se que a largura média de estrangulamento (20 m) deveria ser vencida através do enrocamento por meio de caminhões. Além disso, afirmava-se que este enrocamento poderia ser o mesmo especificado para o tapete a jusante da barragem. Admitia-se, com base em experiências anteriores, uma perda de material de 10%, estimando-se o volume necessário de enrocamento em torno de 7.200 m<sup>3</sup>. O relatório informa que este volume foi determinado para uma vazão de 500 m<sup>3</sup>/s, durante o fechamento final, e que esta vazão deveria ser atingida selecionando-se a época mais favorável e estes serviços. DNOS (1974) descrevia que o dique de enrocamento seria a continuação do aterro hidráulico, sendo seu eixo desviado para jusante. Inicialmente, sua seção deveria ser conforme Figura 8a, passando gradualmente para a seção representada em Figura 8b.

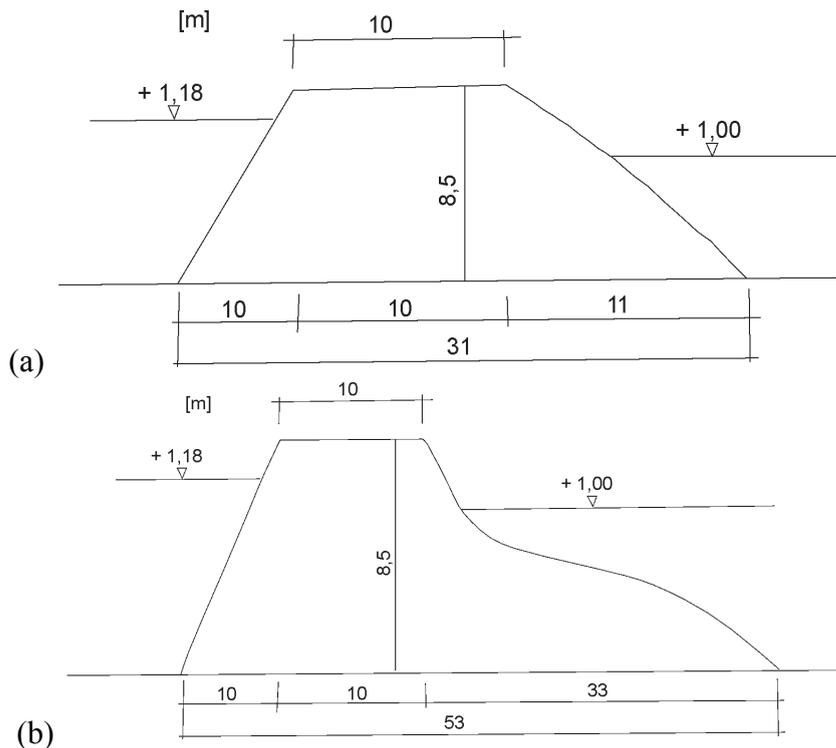


Figura 8: (a) e (b) desenho esquemático do dique de enrocamento (adaptado de DNOS, 1974)

#### 4. Conclusões

O presente estudo destacou a relevância histórica e funcional da Barragem do Canal São Gonçalo como uma estrutura essencial para o desenvolvimento regional, especialmente no contexto do sul do Brasil e da Lagoa Mirim. A construção da barragem, ocorrida na década de 1970, representou um marco na gestão de recursos hídricos, ao solucionar problemas críticos de salinização que ameaçavam a sustentabilidade agrícola, o abastecimento urbano e a preservação da biodiversidade aquática. Por meio de uma análise detalhada dos dados técnicos e históricos, foi possível compreender as complexidades envolvidas no planejamento, execução e operação da barragem. O estudo das características geotécnicas da localização IPEAS, escolhida para a construção, evidenciou que a decisão foi pautada em critérios técnicos sólidos, como melhor capacidade de suporte para as fundações e maior eficiência no controle de intrusão salina. A implementação de métodos construtivos

inovadores para a região na época, incluindo diques de fechamento e desvio do canal natural, garantiu a funcionalidade e segurança da obra.

Adicionalmente, o levantamento de dados históricos e técnicos realizado neste trabalho contribui para o planejamento de futuras análises e intervenções, como a auscultação geotécnica do canal de desvio, quase cinco décadas após a sua construção. Tal medida é fundamental para avaliar as condições atuais da estrutura, garantindo sua funcionalidade e segurança a longo prazo. Por fim, os resultados e discussões apresentados reforçam a importância de abordagens intergradadas e interdisciplinares no gerenciamento de grandes obras de infraestrutura hídrica. A BCSG continua a ser um exemplo de como soluções de engenharia podem atender às demandas regionais de forma eficiente, equilibrando o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental.

### **Referências**

**ALM – Agência de Desenvolvimento da Lagoa Mirim.** *Manual Administrativo da Barragem Eclusa do Canal São Gonçalo.* Relatório Interno. 2011.

**BURNS, M.D.M.** *Consequências da Barragem Eclusa do Canal São Gonçalo para a ictifauna do Sistema Patos-Mirim.* Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica. Universidade Federal do Rio Grande. 152 p. 2010.

**CLM – Comissão da Lagoa Mirim.** *Barragem do Canal São Gonçalo: estudo preliminar de viabilidade.* Vol. I, 46 p. 1970.

**CLM – Comissão da Lagoa Mirim.** *Barragem do Canal São Gonçalo: projeto executivo.* . 1972.

**DNOS – Departamento Nacional de Obras de Saneamento.** *Barragem de controle de salinização Canal São Gonçalo – Pelotas/RS.* Relatório Técnico. 1970.

**DNOS – Departamento Nacional de Obras de Saneamento.** *Barragem de controle de salinização Canal São Gonçalo – Pelotas/RS – adequação do método construtivo e infraestrutura: desvio do rio.* Fases de execução. Relatório Técnico. 1974.

**FLEMING, C.** *Barragem do Canal São Gonçalo: estudo preliminar de viabilidade.* Relatório Técnico. 1970.

**MINISTÉRIO DO INTERIOR.** *Barragem do Canal São Gonçalo.* Relatório Técnico. 1970.

**USSD – United States Society of Dams.** *Why include instrumentation in dam monitoring programs?* USSD Comitee on Monitoring of Dams and their Foundations, CO, 13 p. 2008.