



# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Cenários de Uso da Água e Geração de Energia no Reservatório Billings Região Metropolitana de São Paulo**

**Edson Fernando Escames**

**Orientador: Federico Bernardino Morante Trigo**

**Coorientador: Ricardo de Sousa Moretti**

**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**



# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Questões Norteadoras**

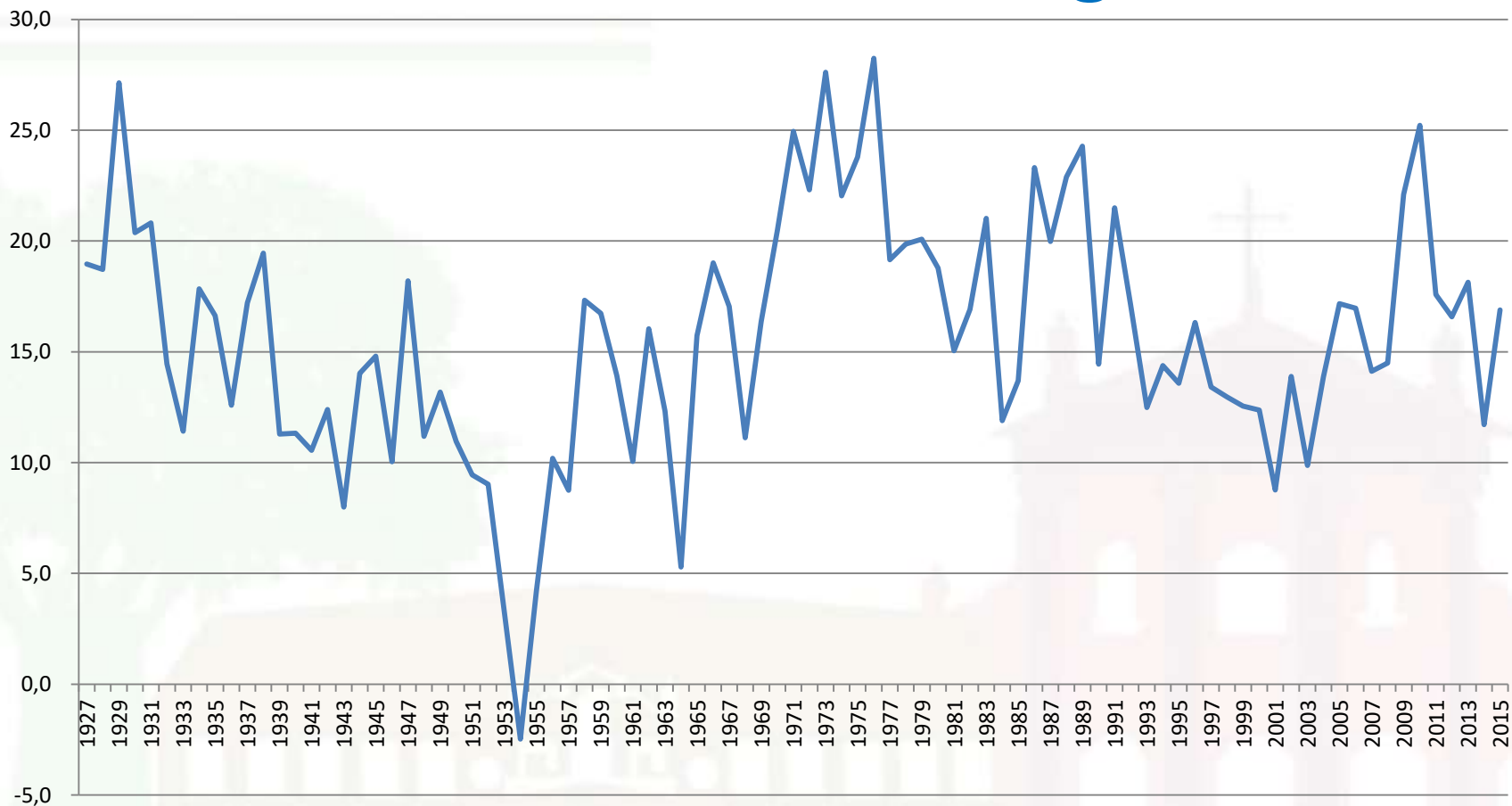
- 1) Lagoa de estabilização no início da Billings**
- 2) Desafios**
  - Lodo de fundo no início do reservatório
  - Vazão irregular e característica heterogênea do afluentes
  - Conflito com a circunvizinhança
- 3) Vazão de bombeamento adequada?**
  - Geração de eletricidade para viabilizar o tratamento
- 4) Lagoa de estabilização aerada?**



# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL



## Vazões Naturais da Billings (m<sup>3</sup>/s)



Fonte: concebido pelo próprio autor a partir de EMAE, 2018.

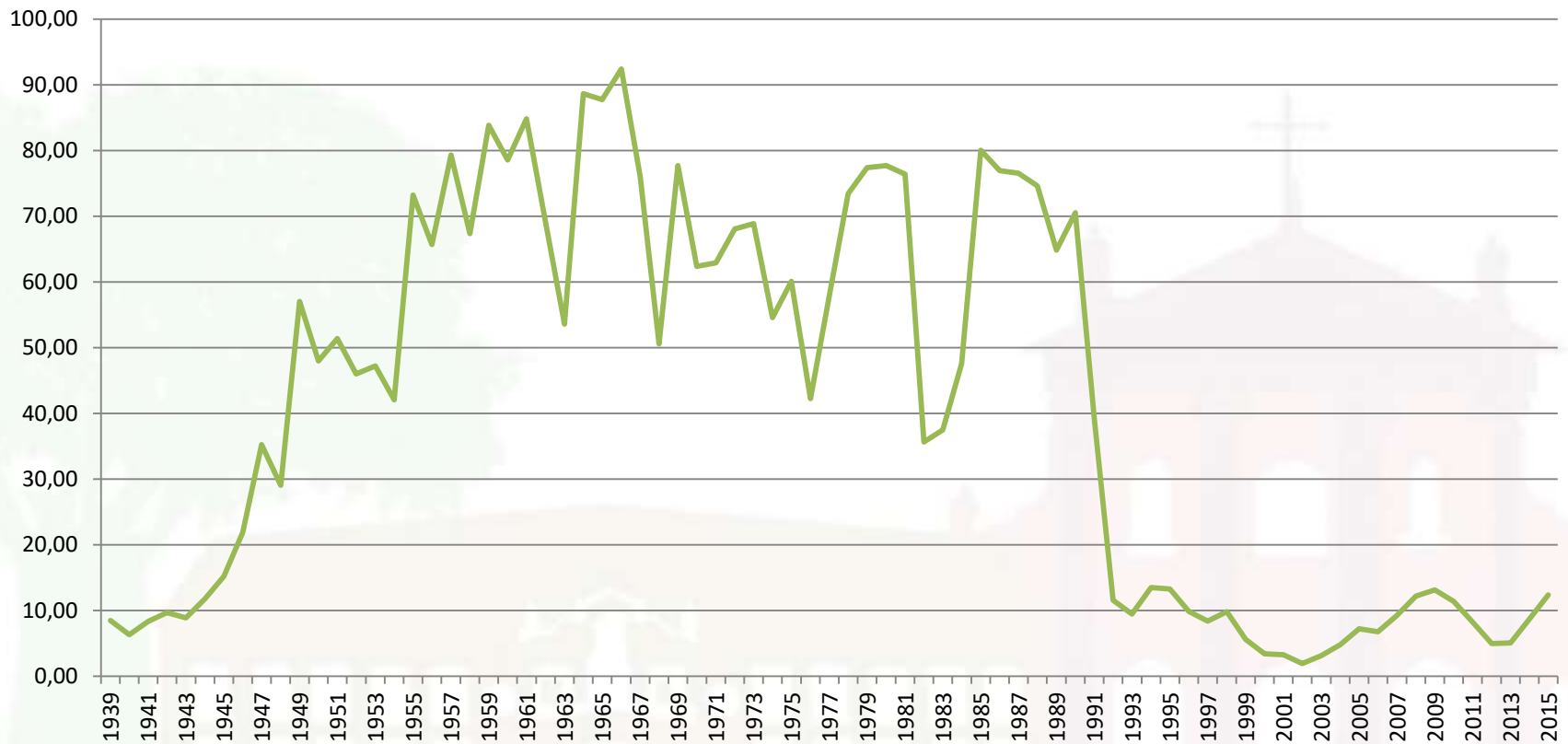
**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**



# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL



## Vazões Médias Mensais Bombeadas de Pedreira para a Billings (m<sup>3</sup>/s)



Fonte: concebido pelo próprio autor a partir de EMAE, 2018.

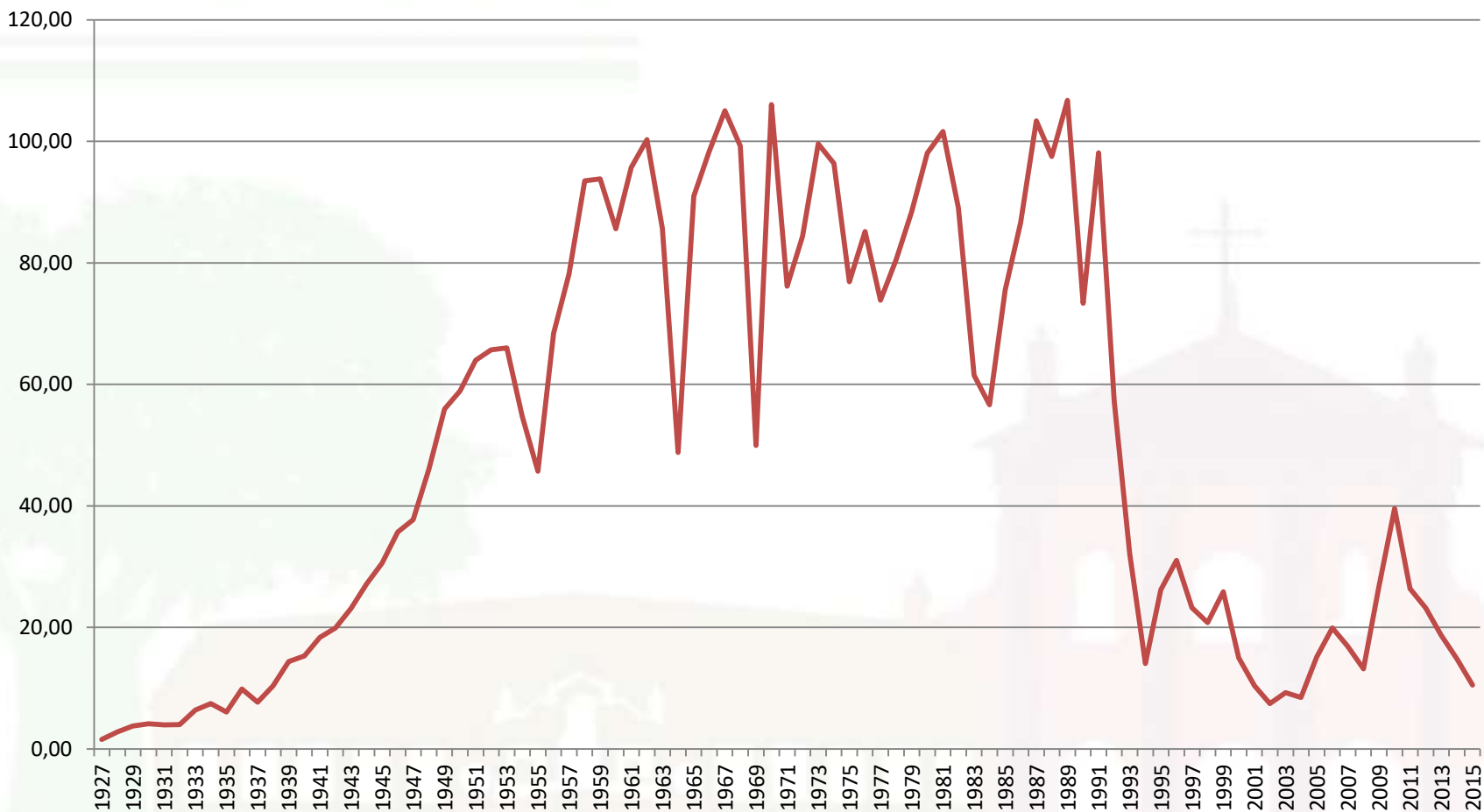
**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**



# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL



## Vazões Médias Mensais Turbinadas na UHB (m<sup>3</sup>/s)



Fonte: concebido pelo próprio autor a partir de EMAE, 2018.

**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**



# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Pressupostos**

- **Inevitável o bombeamento para controle de cheias**
- **Manancial importante**
- **Reduzir riscos: poluição e lodo acumulado**
- **Necessário tratar a água bombeada**
- **Sistemas de tratamento por passagem são inviáveis durante as enchentes**







# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Objetivo Geral**

**Contribuir para a melhoria da Billings e a  
ampliação da geração elétrica por meio  
do tratamento das águas por métodos de  
acumulação e detenção**

**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**





# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Objetivos específicos**

- 1) Balanço hídrico da Billings**
- 2) Evolução da qualidade das águas bombeadas**
- 3) Tratamento por acumulação e detenção em lagoas facultativas aeradas**
- 4) Financiamento do tratamento por meio da geração de energia**
- 5) Possibilidades e dificuldades institucionais para implantação do projeto**
- 6) Impactos socioambientais**



# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Hipótese**

**Por meio do tratamento é possível viabilizar o bombeamento seguro e pode ser considerada a ampliação do recalque de água para a geração de energia**



# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Justificativa**

- **Melhoria da qualidade das águas da Billings**
  - Bombeadas para o controle de cheias
  - Ampliação dos usos múltiplos
    - Inclusive o incremento da geração elétrica
- **Insucesso da flotação**
  - Método de tratamento por passagem
- **Nova proposta**
  - Processo por meio de detenção da água lançada



# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Etapas e métodos**

- **Vazões**

- Naturais do Reservatório Billings ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- Médias Mensais Turbinadas em Henry Borden ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- Médias Mensais Bombeadas no Reservatório Billings  
Compartimento Pedreira ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

- **Batimetria do Reservatório  
Billings**

- Compartimento da Usina de Pedreira



# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Metodologia e Entrevistas**

- **Embasamento teórico: revisão bibliográfica**
- **Não estruturada e focalizada**
- **TCLE**
- **Qualitativa**
  - Coleta de dados até atingir o conteúdo almejado
- **Especialistas**
  - Tratamento de água ou esgoto
  - Gestão de recursos hídricos e energéticos

**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**



# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Estrutura da Tese**

- **Capítulo II – Água, Energia e Meio Ambiente**
- **Capítulo III – A Crise de Água e Energia: Problema Global**
- **Capítulo IV – Histórico e Conflitos Dos Usos Múltiplos Na Billings**
- **Capítulo V – Discussão sobre a Viabilidade da Proposta de uma Lagoa Facultativa na Billings**
- **Capítulo VI – Conclusões e Sugestões de Futuras Pesquisas**



# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Capítulo II Água, Energia e Meio Ambiente**

- **Energia e meio ambiente**
- **Planejamento energético brasileiro**
  - MP 579/12 - Lei 12.783/13 – Decreto 7.891/13
- **Hidreletricidade**
  - Implantação / Operação
  - Atenuação e compensação
  - Efeitos positivos

**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**





# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Capítulo III Crise Hidrológica e Energética Mundial**



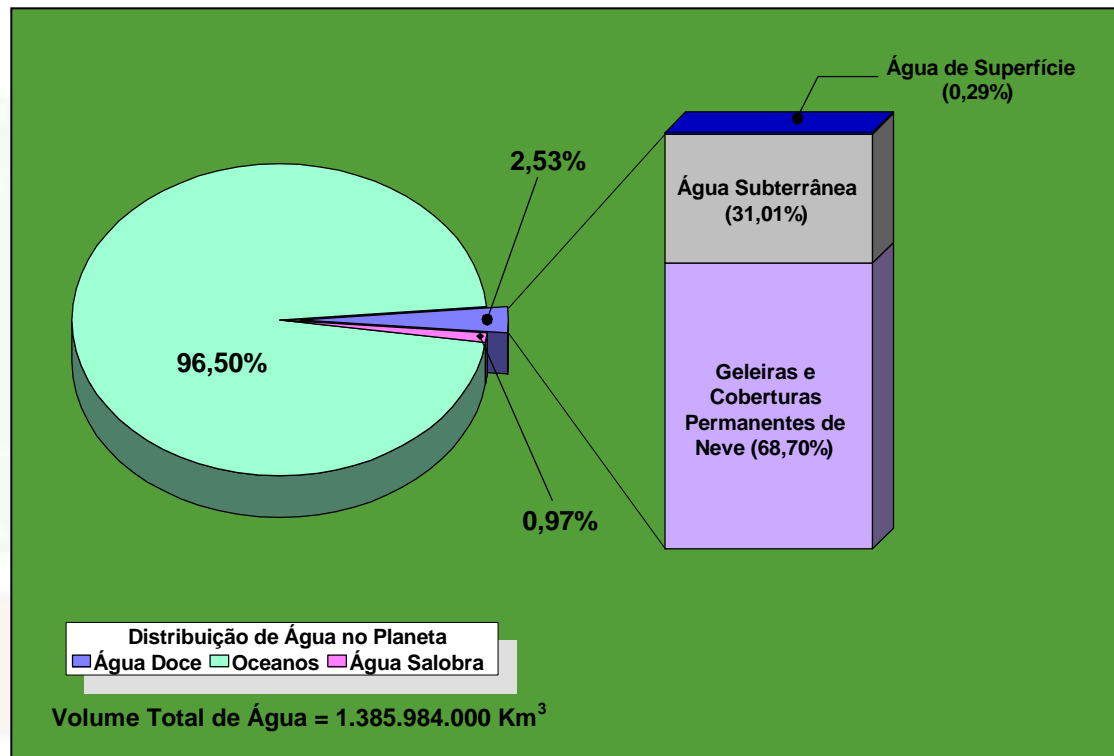
- **Recursos Hídricos X Crise Urbana**
- **Escassez da água**
  - Degradação Ambiental
  - Desperdício
- **Conflitos mundiais pela posse e uso**
- **Estresse hídrico**
- **Irrigação, indústrias e residências**
- **Uso sustentável**
- **Proteção de água subterrânea e costeira**
- **Redução da poluição**



# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL

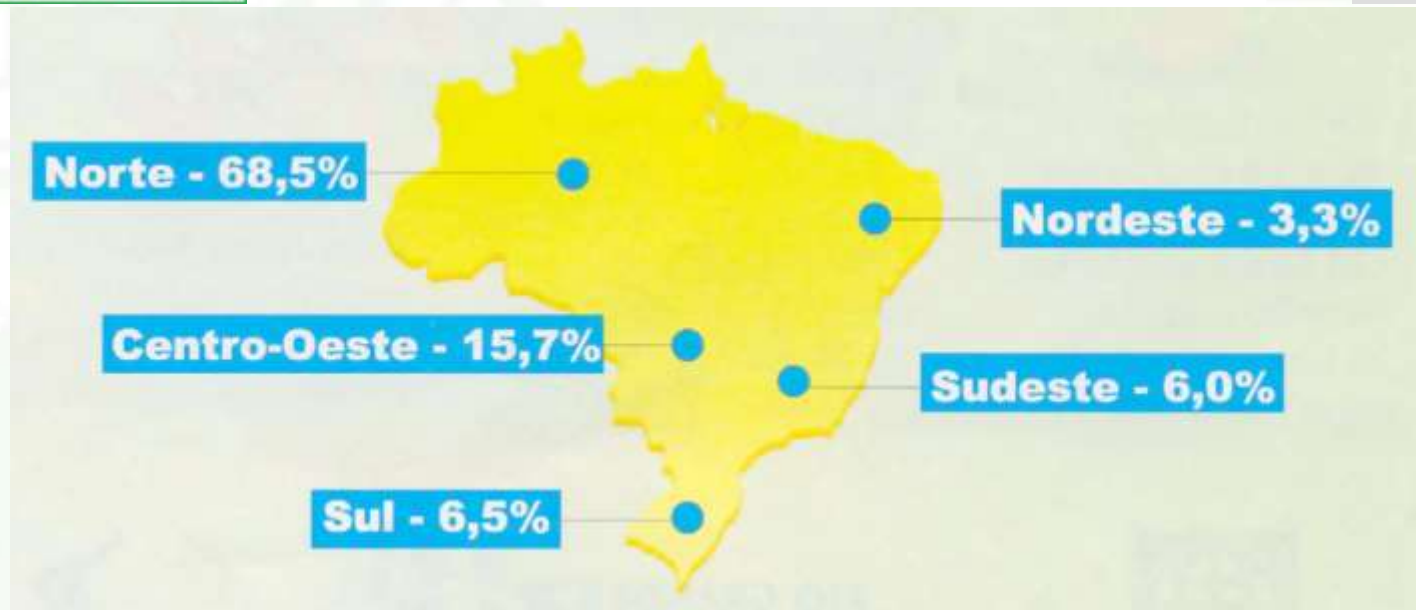


## Importância e Disponibilidade





# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL



Distribuição desigual de água			
Região	Recurso	Superfície	População
Norte	68,50%	45,30%	6,98%
Centro-Oeste	15,70%	18,80%	6,41%
Sul	6,50%	6,80%	15,05%
Sudeste	6,00%	10,80%	42,65%
Nordeste	3,30%	18,30%	28,91%

Fonte: Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente

**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**

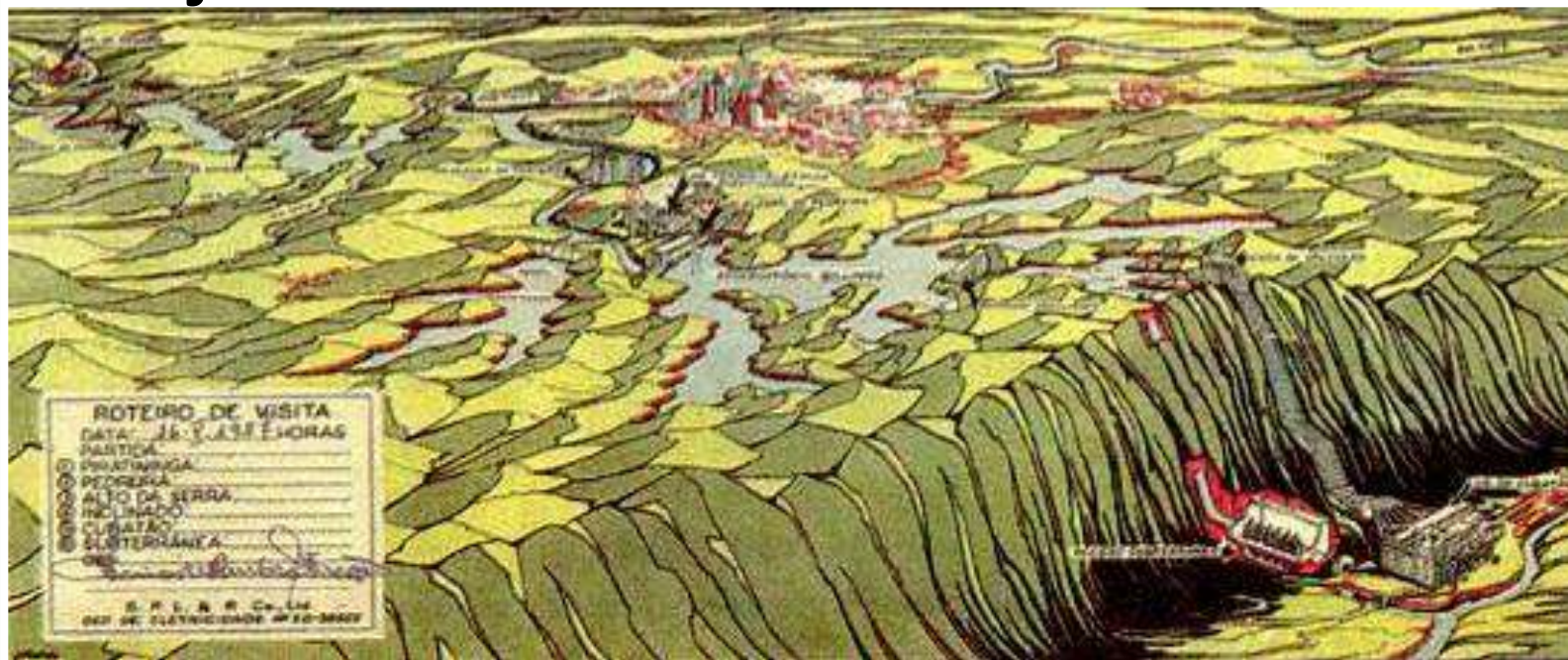


# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL



## Capítulo IV Conflitos dos Usos múltiplos na Billings

- *Light*
- Projeto Serra



**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**





# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Usina Henry Borden**



Fonte: BILLINGS & BORDEN, 2018.

**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**



# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL



## Avanço da Urbanização na Bacia



Fonte: EMAE, 2018.

**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**

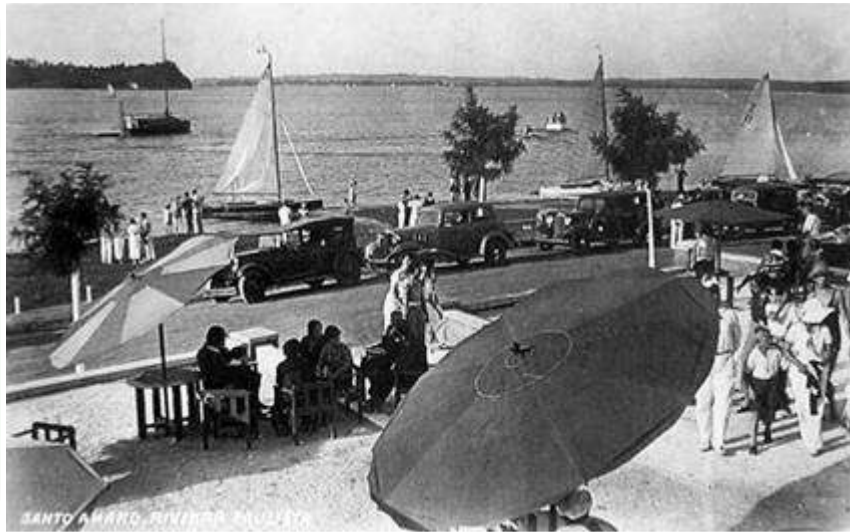




# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL



## Ocupação Desordenada



Represa Guarapiranga - 1934



Represa Billings e Guarapiranga - 2000

Fonte: EMAE, 2018.

**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**





# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL



## Conflitos dos usos múltiplos

<b>Anos 20 a 70 – Operação Energética</b>	<b>Cenários:</b>
Aproveitamento da queda de 720m e da água vertente oceânica, geração próxima ao centro de carga	implementação da indústria, escassez de energia, água limpa, baixo adensamento populacional.
<b>Anos 80 a 90 – Operação Balanceada</b>	<b>Cenários:</b>
Parte saneamento, parte energética	aumento da população, baixo tratamento dos esgotos, industrialização.
<b>Anos 90 – Operação Ambiental</b>	<b>Cenários:</b>
Restrições ao uso da água: prioridade para abastecimento público	intensa poluição das águas, aprimoramento da legislação ambiental.

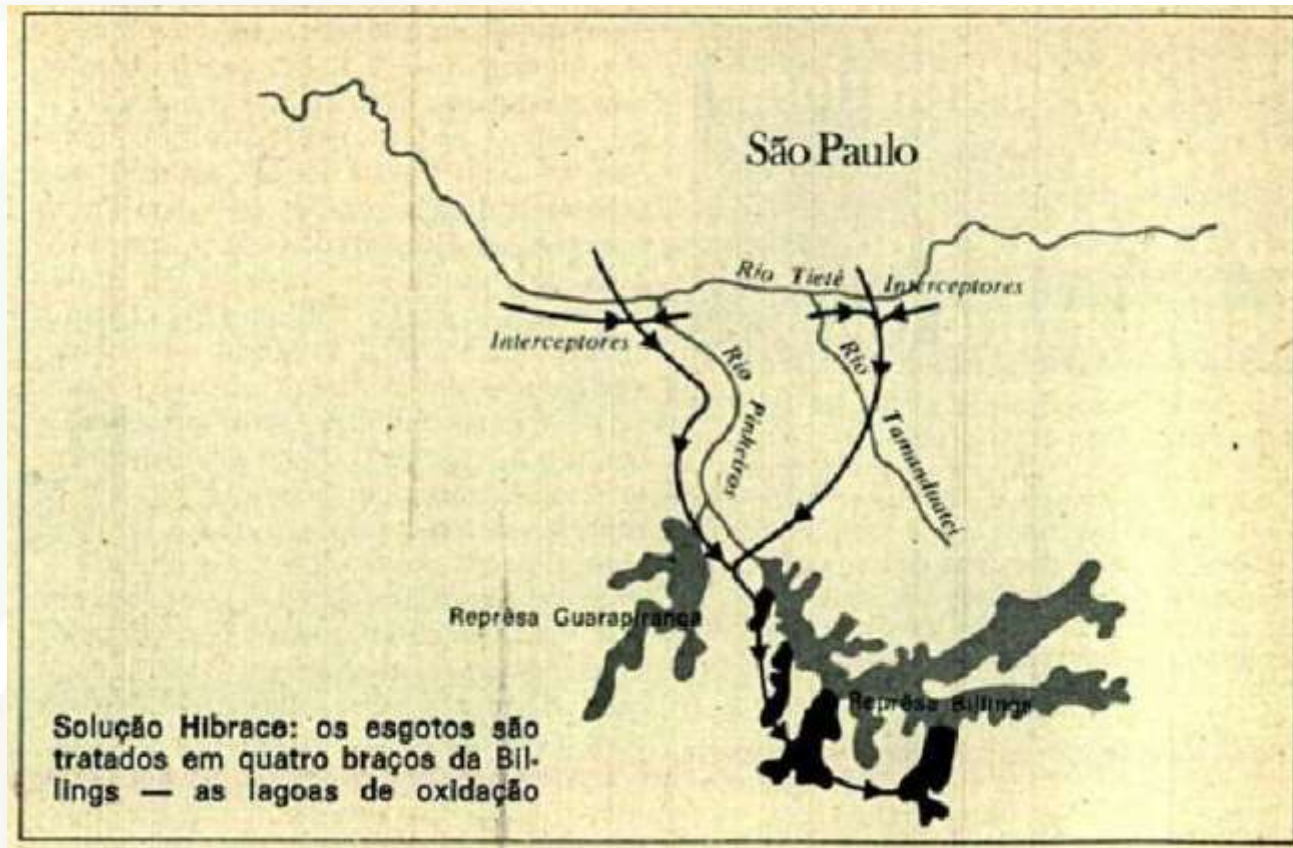
**São Bernardo do Campo/SP – 26 a 29/11/2018**



# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL



## Solução HIBRACE



Fonte: REVISTA VEJA, 1971

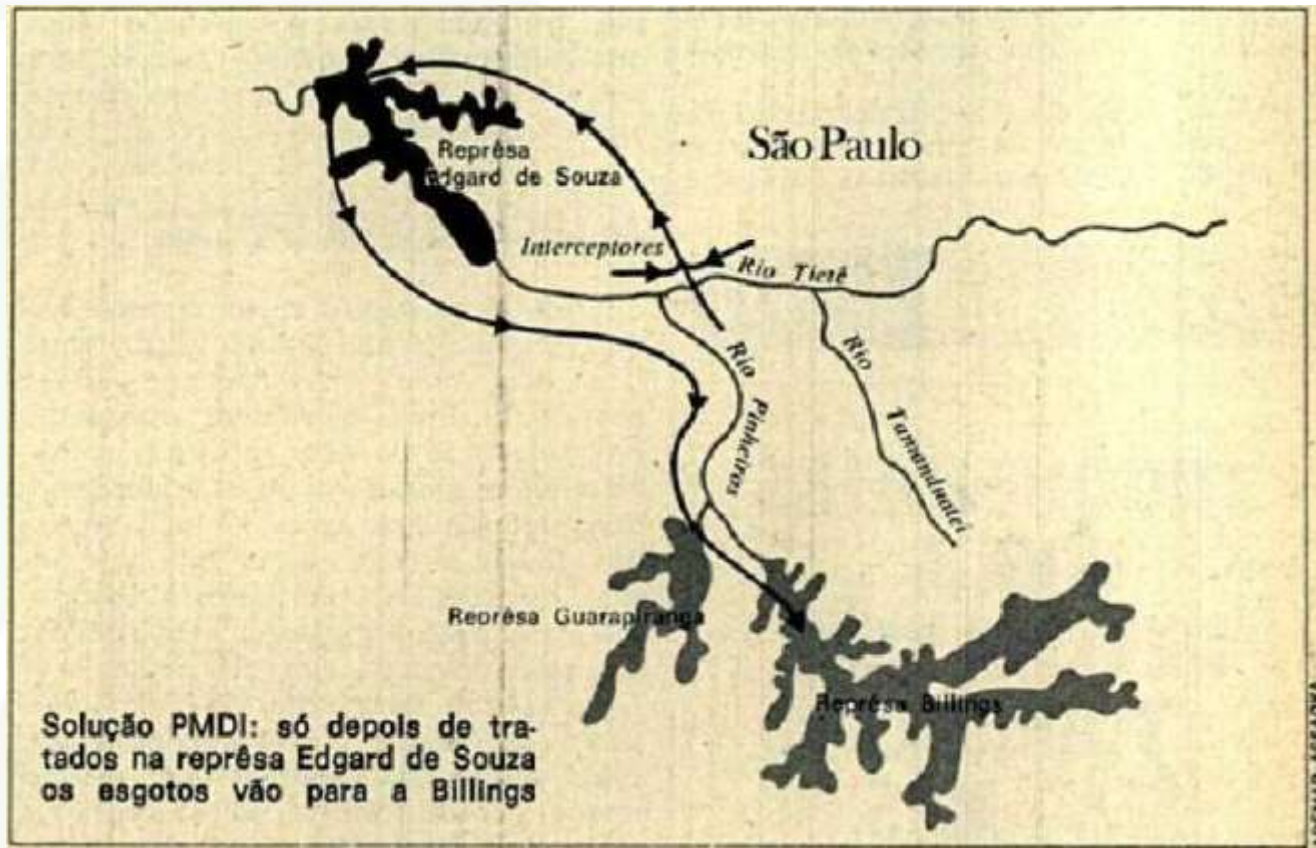
**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**



# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL



## Solução Integrada ou PMDI



Fonte: REVISTA VEJA, 1971

**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**



# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL



## UHB X Restrições Ambientais

Período	Geração Média (MW)	Descarga (m <sup>3</sup> /s)	Operação
Até Abril/1983	600	101	Energética
De Abril/1983 a Outubro/1992	360	60	Balanceada
A partir de Outubro/1992	128	22	Ambiental

Fonte: preparada pelo próprio autor a partir de FCTH, 2015.

**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**





# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL



## Flotação



Fonte: EMAE, 2018.

**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**



# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL



## Capítulo V Proposta de uma lagoa facultativa na Billings

### CENÁRIO 1 - Situação atual

Volume lançado = 100% = média de 8,7 m<sup>3</sup>/s = **2.756.944.449 m<sup>3</sup>**

Volume tratado = 0%

### CENÁRIO 2 – Trata-se somente o que não excede 10 m<sup>3</sup>/s

Volume lançado = 100% = média de 8,7 m<sup>3</sup>/s = **2.756.944.449 m<sup>3</sup>**

Volume tratado = 33,33% = média de 2,9 m<sup>3</sup>/s = **914.808.166 m<sup>3</sup>**

**CENÁRIO 3** - Tratamento contínuo de 10 m<sup>3</sup>/s. Quando esse valor é superado, o excesso é lançado sem tratamento.

Volume lançado = 100% = média de 15,8 m<sup>3</sup>/s = **4.995.736.282 m<sup>3</sup>**

Volume tratado = 63,29% = média de 10 m<sup>3</sup>/s = **3.153.600.000 m<sup>3</sup>**



# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL



## Comparação entre tipos de lagoa de estabilização

Área	Área de Tratamento Disponível	Área M <sup>2</sup> /Hab Média	População Atendida	Tempo de Det. Hidr. Médio (Dias)
Lagoa Anaeróbia (Tratam. Primário)	3.000.000,00	0,04	75.000.000	0,30
Lagoa Facultativa	3.000.000,00	3,50	857.142	22,50
Lagoa Aerada Facultativa	3.000.000,00	0,38	7.894.736	7,50

Fonte: preparada pelo próprio autor a partir de VON SPERLING (1994)

**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**





# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Impacto na vizinhança**

- **Controle do nível da lagoa de tratamento**
  - Para evitar odores
- **Tratamento do lodo de fundo**
  - Isolamento
  - Remoção
    - Esvaziar
    - Dragagem
      - Geotube (bag)



# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Impacto na geração de energia**

- **Geração de energia**
  - Superar o regime de cotas
- **Ampliação da captação d'água**
- **Valorização imobiliária no entorno da Billings e Pinheiros**



# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL



## Geração de energia

- **15,8 m<sup>3</sup>/s (Cenário 3) menos 8,7 m<sup>3</sup>/s (Cenário 1) = 7,1 m<sup>3</sup>/s (vazão adicional)**
- **Fator de Conversão da UHB – 5,654 MW/m<sup>3</sup>/s (produtividade)**
- **Energia Incremental Bruta Anual = 5,654 MW/m<sup>3</sup>/s x 7,1 m<sup>3</sup>/s x 8.760 h = 351.656 MWh**
- **(total de energia em um ano calculada a partir da produtividade da usina)**
- **Cálculo Final para dez anos de operação:**
  - Volume total bombeado no período = 2.249.920.223 m<sup>3</sup>
  - Energia Incremental Bruta = 40,1 MW médios
  - Número de horas em dez anos = 87.600 horas
  - Custo do MWh médio para hidrelétrica (mar. 2018) = 182,77 R\$/MWh
  - Custo do MWh médio para termelétrica (mar. 2018) = 240,53 R\$/MWh



# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Primeiras chuvas**

- **Poluição difusa**
- **Impacto negativo após período de estiagem**
  - Volume de espera para o episódio de chuvas
- **Profundidade variável da lagoa**
- **Licenciamento do projeto**
  - EIA-RIMA e audiências públicas

**São Bernardo do Campo/SP – 26 a 29/11/2018**



# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Concepção da lagoa de tratamento**

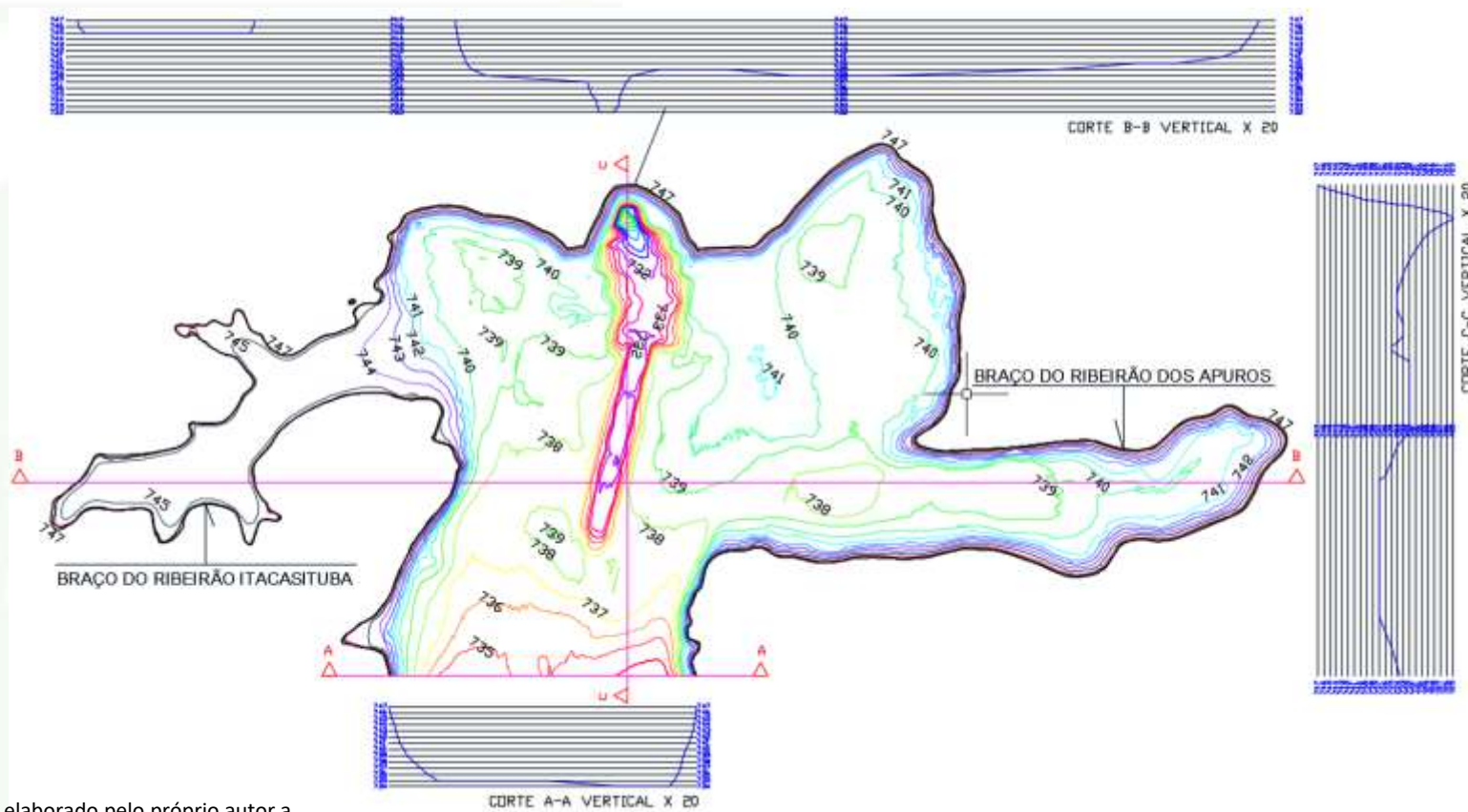
**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**



# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL



## Batimetria



Fonte: elaborado pelo próprio autor a partir da base de dados da EMAE, 2018.



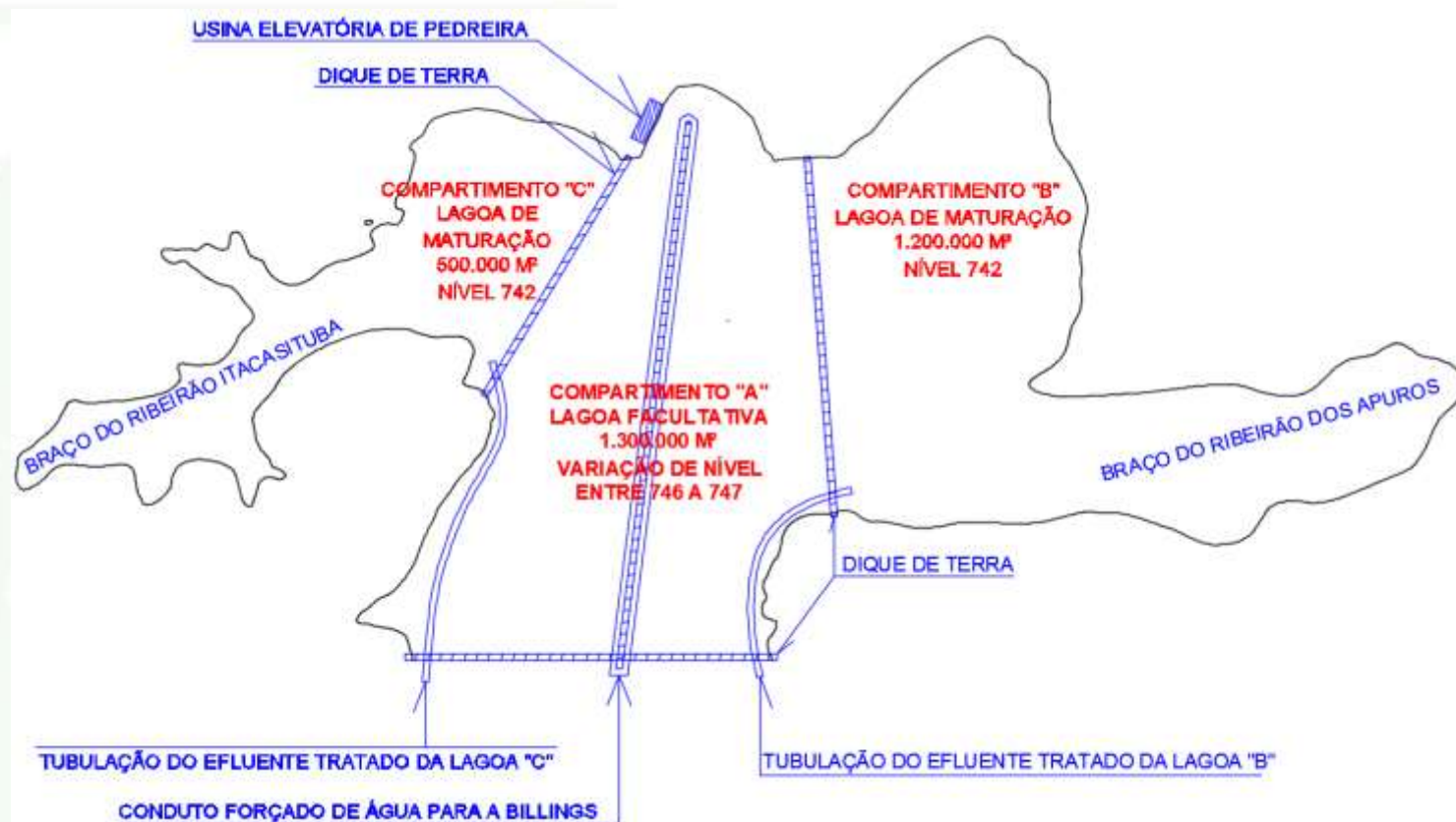
## Compartimentos central e laterais



Fonte: elaborado pelo próprio autor a partir da base de dados da EMAE, 2018.



## Compartimentos central e laterais



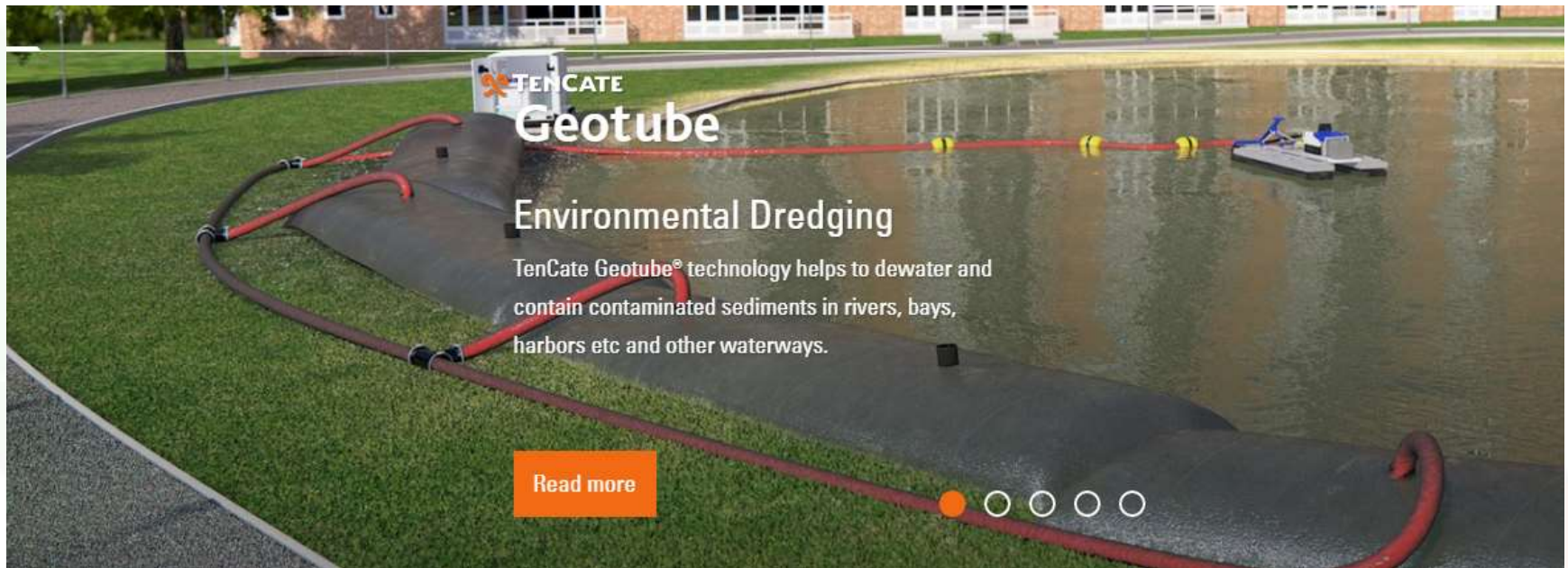
Fonte: elaborado pelo próprio autor a partir da base de dados da EMAE, 2018.



# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL



## Dragagem e acondicionamento do resíduo – Geotube (*bags*)



Fonte: Tencate Geotube, 2018.

**São Bernardo do Campo/SP – 26 a 29/11/2018**



# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL



## Desidratação do lodo



Fonte: Tencate Geotube, 2018.

**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**





# IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL



## Retirada do lodo após a desidratação



Fonte: Tencate Geotube, 2018.

**São Bernardo do Campo/SP - 26 a 29/11/2018**





# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Conclusões**

- **Importante manancial**
- **Controle de cheias**
  - Poluição difusa nas chuvas iniciais
- **Qualidade da energia**
- **Flexibilizar regras de concessão**
- **Favorecer a Plenitude dos usos múltiplos**



# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Conclusões**

- **Lagoa aerada de tratamento**
- **Primeiras chuvas**
- **Adequação socioambiental**
- **Viabilização da Hidrelétrica Henry Borden**
  - Substituição da termelétricidade
  - *Black-start*
  - Proximidade dos centros de carga



# **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**



## **Pesquisas Futuras**

- Estruturas hidráulicas para a lagoa
- Técnicas de tratamento e monitoramento da lagoa
- Técnicas de dragagem e desidratação do resíduo
- Destinação ambiental final adequada
- Urbanização e paisagismo
- Estudos regulatórios
- Estudos de viabilidade econômica