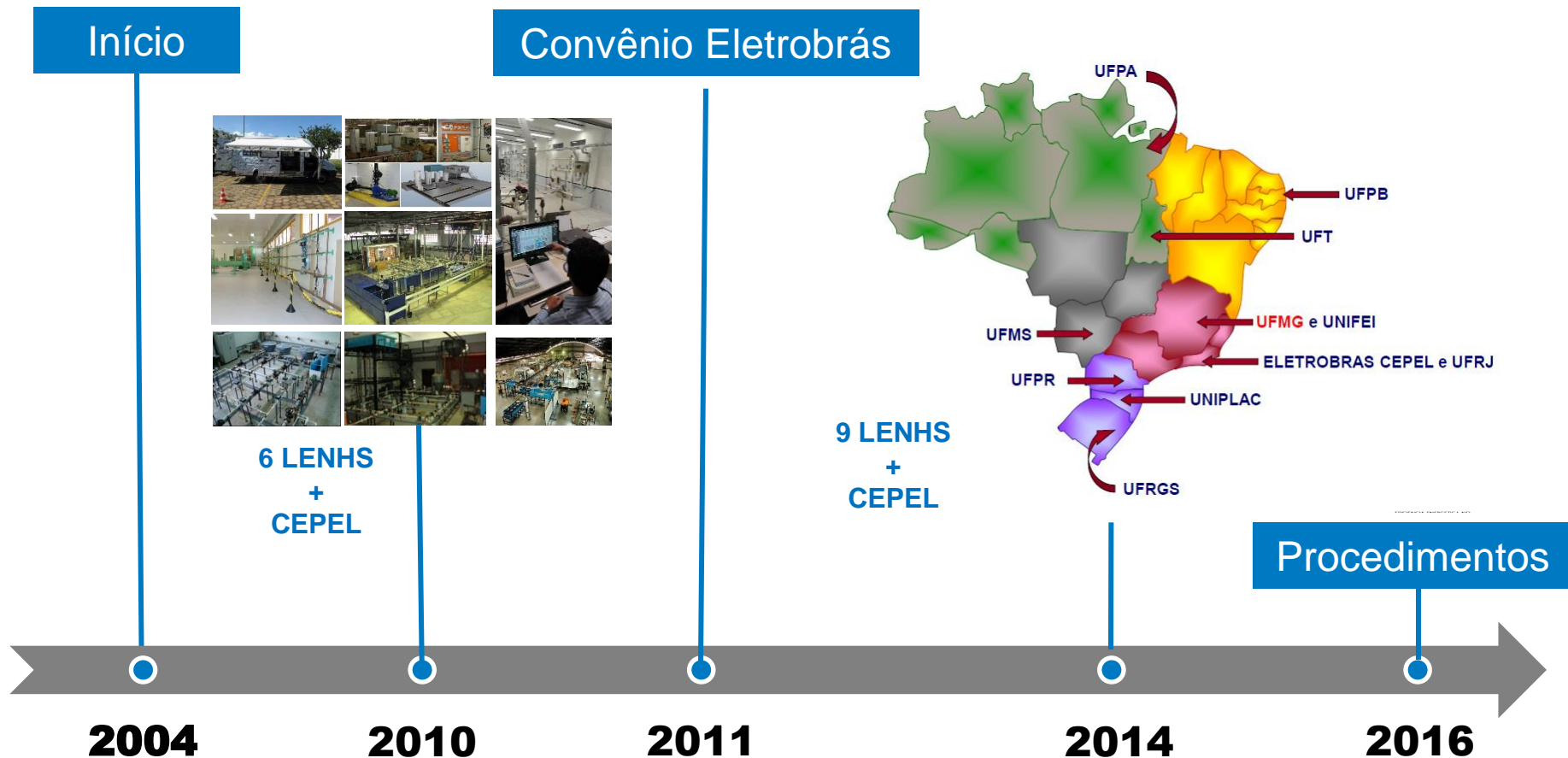


# P&D na Área de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água (REDE LENHS).

Marcelo Giulian Marques

# REDE LENHS



# O PAPEL DA REDE LENHS

Pensando e formando o mundo de amanhã

**Integrar laboratórios, centros de pesquisa e organizações para gerar e disseminar conhecimento em eficiência energética e hidráulica no saneamento**

# EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E HIDRÁULICA

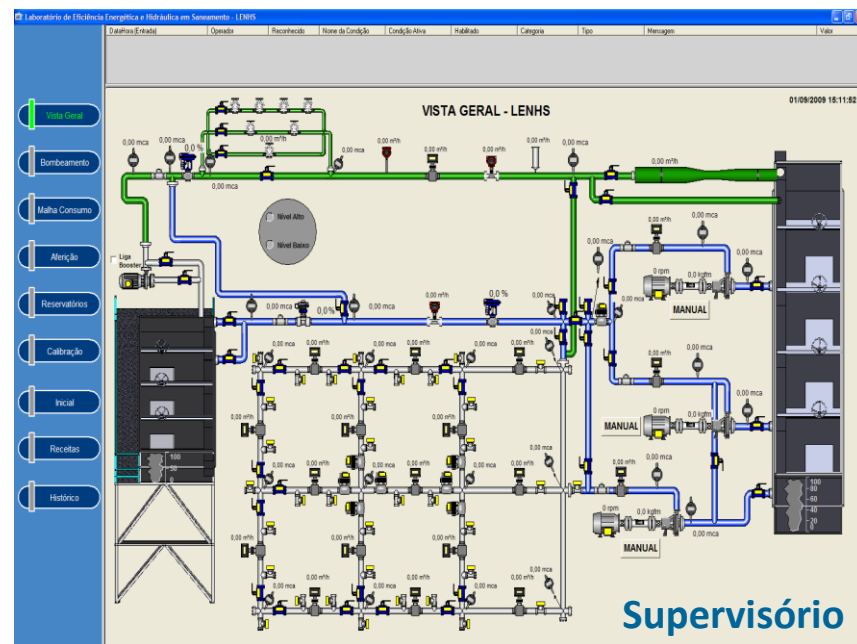
## Atuação da Rede LENHS

- **ENSINO** (técnico, graduação, pós-graduação)
  - ➔ Formação e reciclagem de profissionais
- **PESQUISA** (básica e aplicada)
  - ➔ Desenvolver e aplicar inovações tecnológicas
- **EXTENSÃO** (divulgação e apoio)
  - ➔ Suporte técnico aos prestadores de serviço
- **PARCERIAS** (Universidade ↔ Sociedade)





**Bancada de Laboratório**



- > Permite demonstrar, desenvolver, simular e verificar metodologias de EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E HIDRÁULICA.
- > Controle e medição de grandezas:
  - hidráulicas,
  - mecânicas e
  - elétricas.

- > Operação ⇒ paralelo e série
- > Abastecimento direto, reservatório e misto
- > controle: rotação, perdas, consumo,...



## Mais de 70 itens para medições de campo

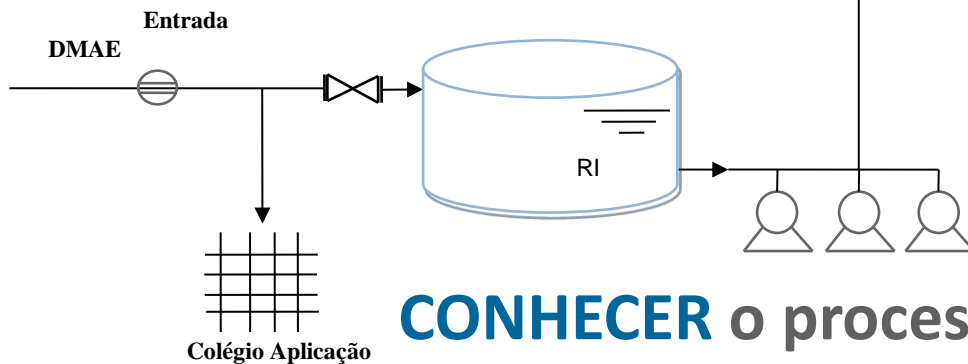
(grandezas hidráulicas,  
mecânicas e elétricas)

# BANCADA DE TREINAMENTO

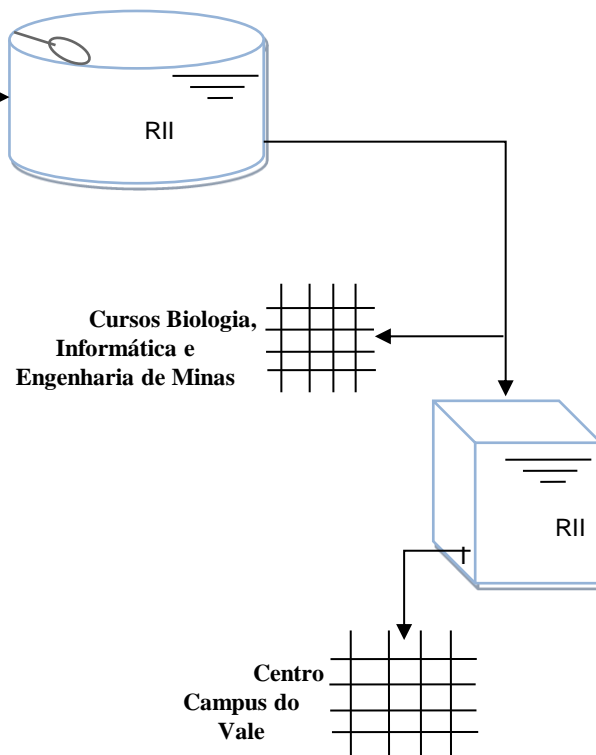
## Estudo de Caso $\Rightarrow$ + 10

LEGENDA	
	- Hidrômetro
	- Chave boia
	- Válvula gaveta
	- Conjunto Moto bomba

### • Sistema de Abastecimento do Campus do Vale /UFRGS



**CONHECER** o processo



- > Monitoramento,
- > Diagnóstico,
- > Propor soluções de EFICIÊNCIA;
- > ...

## Estudos de Casos

### PROPOR AÇÕES E SOLUÇÕES $\Rightarrow$ Pesquisa e Extensão

- **Administrativas** { Readequar a demanda contratada;  
Re-enquadramento tarifário;  
Corrigir fator de potência; ... }  $\downarrow$  \$ Energia
- **Consumo de Energia** {  $\downarrow$  perda de cargas – melhora no sistema  
 $\downarrow$  perda de água – pressões mínimas }  $\downarrow$  \$ Energia
- **Lei Guia** {  $\downarrow$  Energia nas horas de ponta – otimizar }  $\downarrow$  \$ Energia
- **Linha de base** { Projeto  
Diagnóstico }  $\downarrow$  \$ Energia

# ATUAÇÃO DO LENHS/UFRGS

+ de 350 alunos da UFRGS e de outras instituições

## Capacitação de pessoal

- > Técnico ..... > 10
- > Bolsistas Iniciação Científica ..... > 25
- > Graduação – TCC ..... 12
- > Mestrado ..... 3 + (4)
- > Doutorado ..... 1 + (3)

## Divulgação

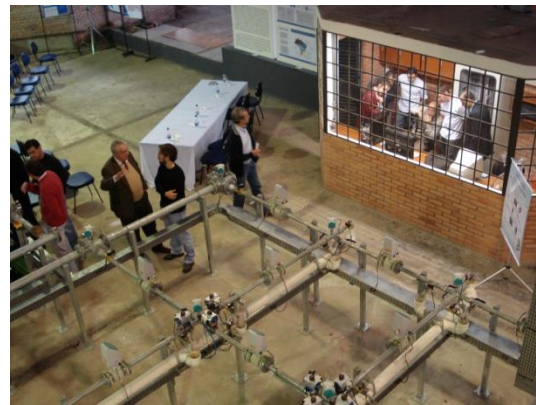
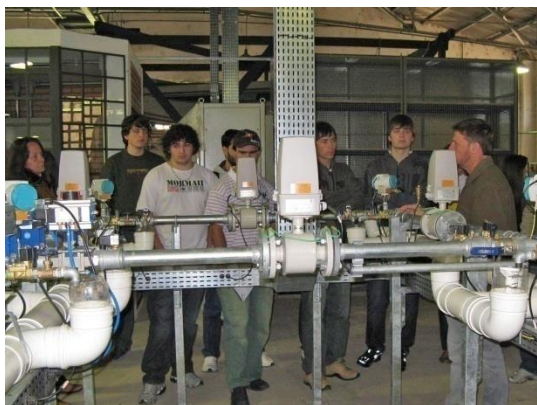
- > Artigos em revistas ..... > 8 + (1)
- > Artigos em congressos ..... > 15
- > Cursos de extensão..... > 11
- > Disciplina sobre Eficiência Energética e Hidráulica



# ATUAÇÃO DO LABORATÓRIO

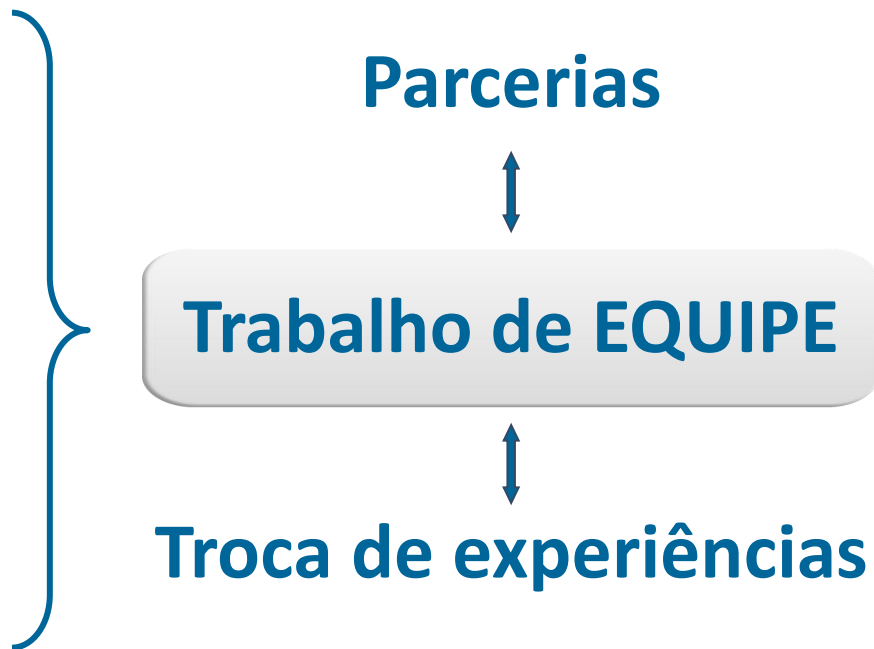
## Cursos de extensão

- > Operação da Bancada de Funcionalidades;
- > Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de água;
- > Estações de recalque;
- > Diagnósticos de sistemas de abastecimento;
- > Ciência na Escola;
- > ...



- **Multidisciplinar:**

- > hidráulica
- > mecânica
- > elétrica
- > informática
- > estatística
- > economia
- > ...



⇒ em todas as etapas → com pessoal qualificado

**PESSOAL QUALIFICADO** ⇒ em todos os níveis

⇒ saber → o que pedir,  
como fazer;  
como receber (analisar);  
trabalhar em equipe.

⇒ conheça → os fenômenos envolvidos;  
critérios de dimensionamento;  
de construção;  
de operação;

**uso das ferramentas-confiáveis**

**PESQUISA (inovação)** ⇒ definição de critérios de dimensionamento;  
⇒ definição de metodologias.

⇒ validação do uso das ferramentas-confiáveis.

- **Eficiência energética em estações de bombeamento:**

- ➔ > Diagnostico Hidro energético
- ➔ > Indicadores hidro energéticos
- ➔ > Simulação de operação de redes de abastecimento
- ➔ > Operação de reservatórios;
- ➔ > Uso de variador de frequência;
- ➔ > Diâmetro econômico;
- ➔ > Sistema de automação e controle;
- ➔ > Estratégias de operação;

- ➔ • **Rede de Gestão hidroenergética/FINEP  $\Rightarrow$  9 instituições**

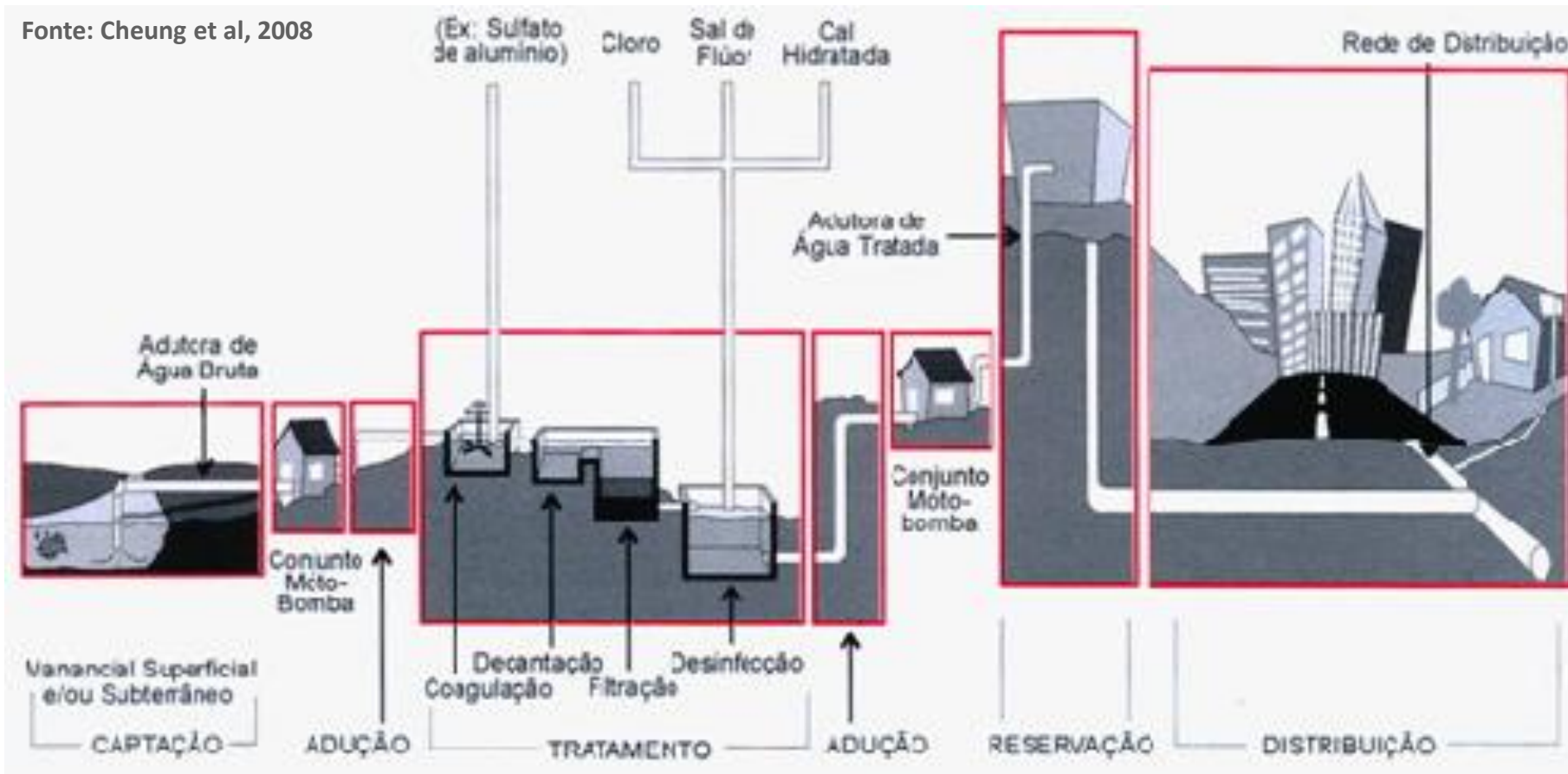
- > tecnologias e procedimentos

- **Influência do ar na medição;**

- ...

## ONDE FAZER EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E HIDRÁULICA?

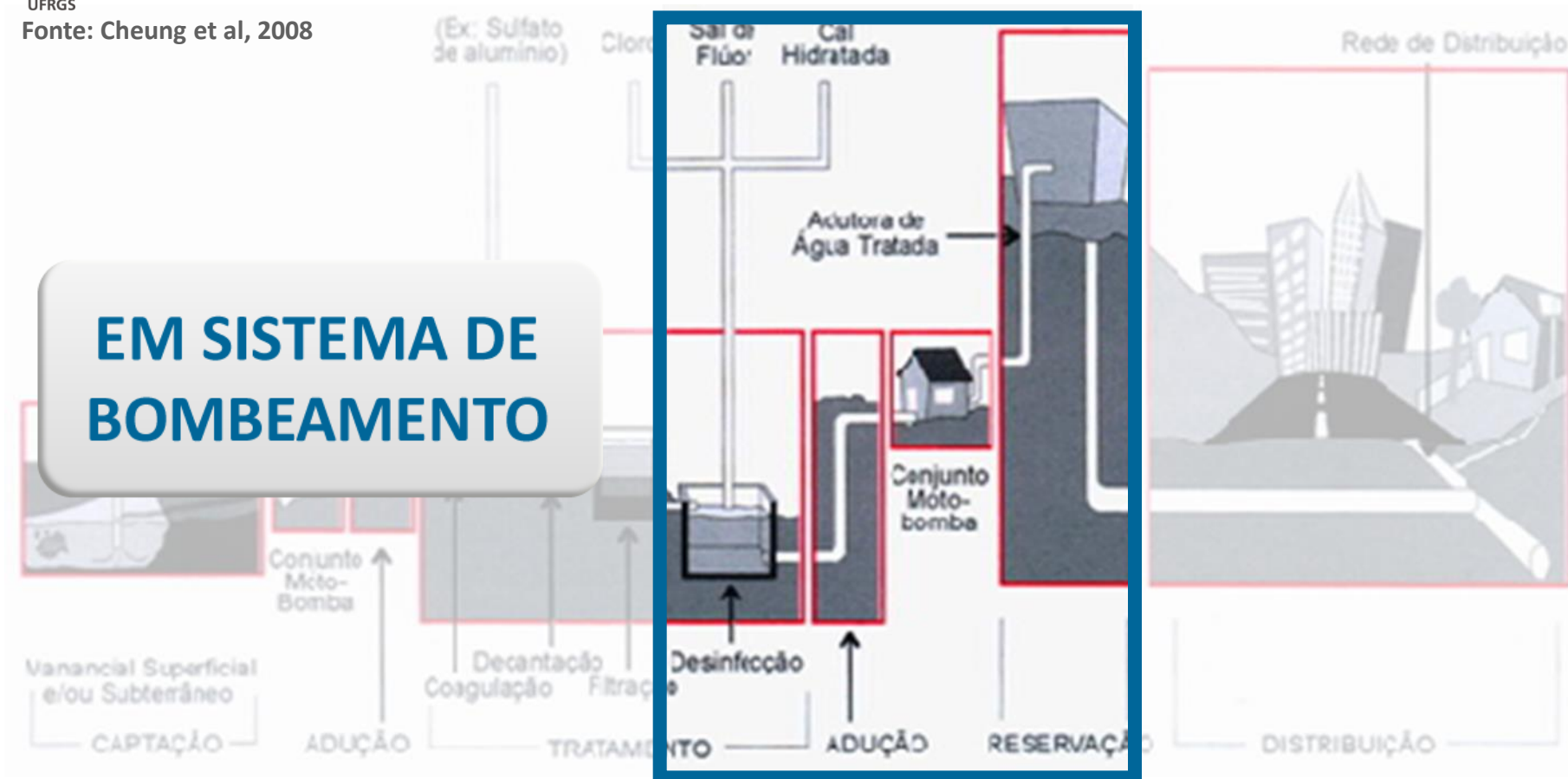
Fonte: Cheung et al, 2008



## ONDE FAZER EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E HIDRÁULICA?

Fonte: Cheung et al, 2008

EM SISTEMA DE BOMBAMENTO





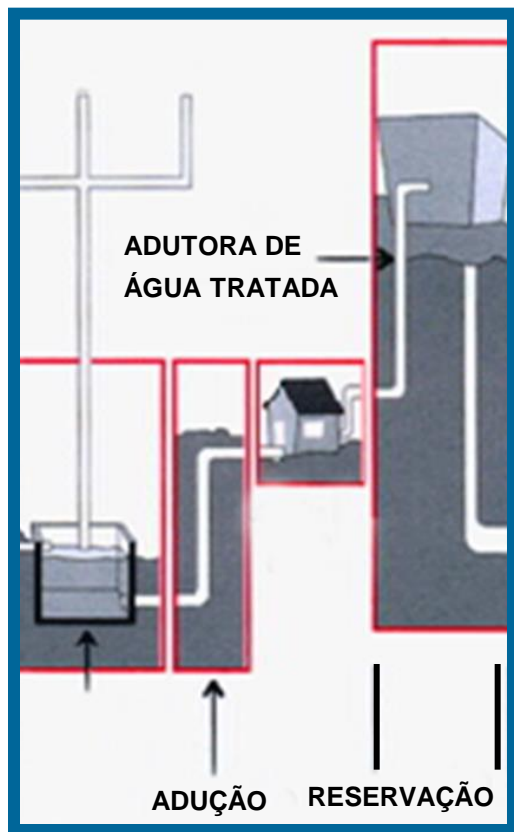
LENHS  
UFRGS

# PESQUISAS



## EFICIÊNCIA Energética e Hidráulica em Sistema de Bombeamento

≈ 90% energia elétrica



$$E = \frac{\gamma Q H_M}{\eta_b \eta_m} \Delta t$$

- E = energia (kWh)
- Q = vazão (m<sup>3</sup>/s)
- H<sub>M</sub> = altura manométrica (m)
- η<sub>b</sub> = rendimento da bomba ⇒ η<sub>BÓtimo</sub>
- η<sub>m</sub> = rendimento do motor ⇒ η<sub>gÓtimo</sub>

**Escolher corretamente:**

Traçado;  
Peças;  
Bomba;  
Motor;

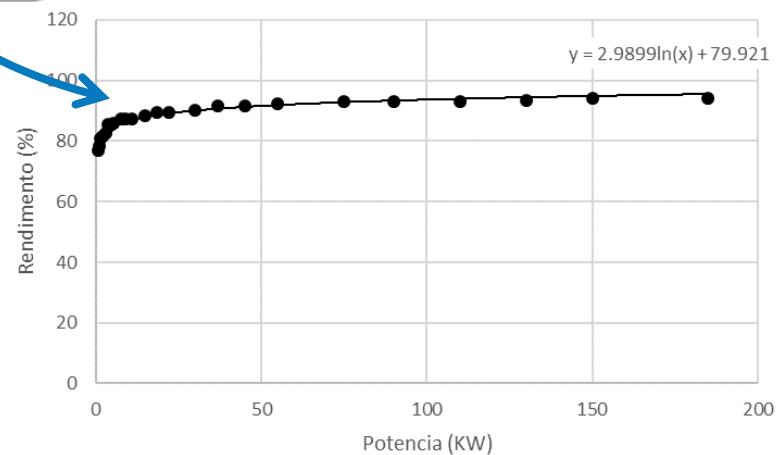
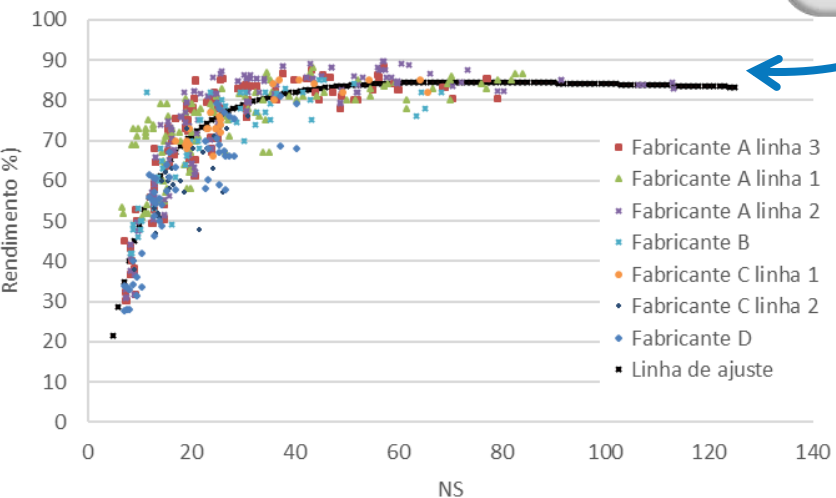
...

**Fazer a coisa certa da  
maneira certa**

### Metodologia para avaliação da eficiência energética de sistemas de bombeamento

$$E = \frac{\gamma Q H_M \Delta t}{\eta_b \eta_m}$$

Análise de 538 modelos de bombas

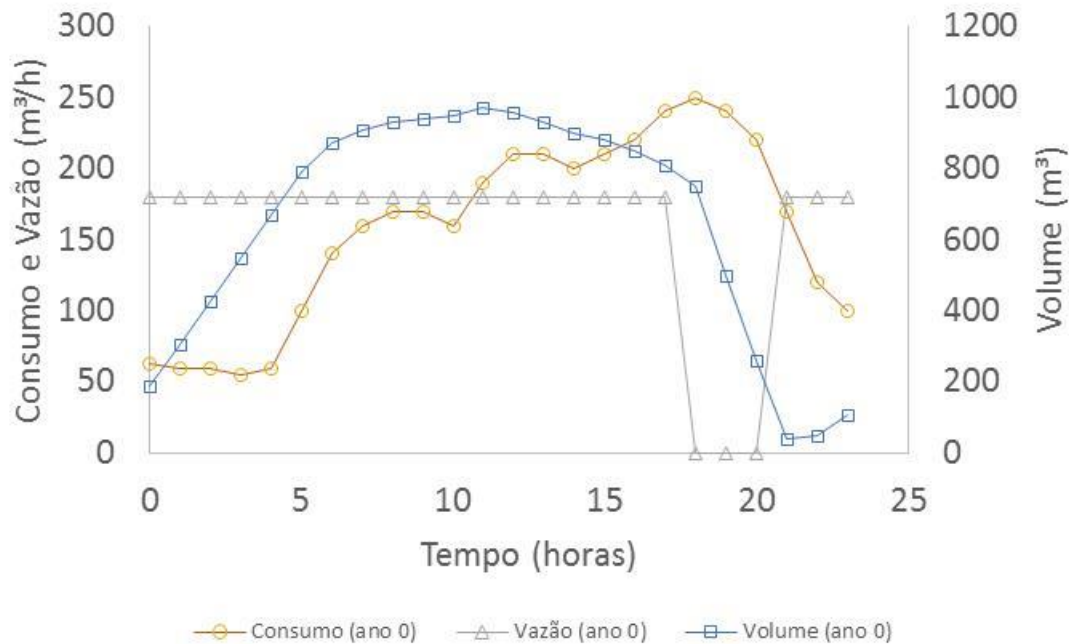


$$\eta_b = e^{5,092 - \frac{9,121}{Ns} - 0,124 \ln(Ns)}$$

$$\eta_m = 2,9899 \ln(\text{Pot}_{mec}) + 79.921$$

Fonte: Kuritza, 2017

## Operação de bombeamento otimizada



$$E = \frac{\gamma Q H_M \Delta t}{\eta_b \eta_m}$$

Fonte: Kuritza, 2017

## Capacidade do reservatório superior

$$\frac{VR}{VC} = -0,3336 \times FC + 0,6088$$

VR = volume de reservação;  
 VR = volume consumido

$$FC = \frac{1}{k_2} = \frac{Q_{med}}{Q_{max}}$$



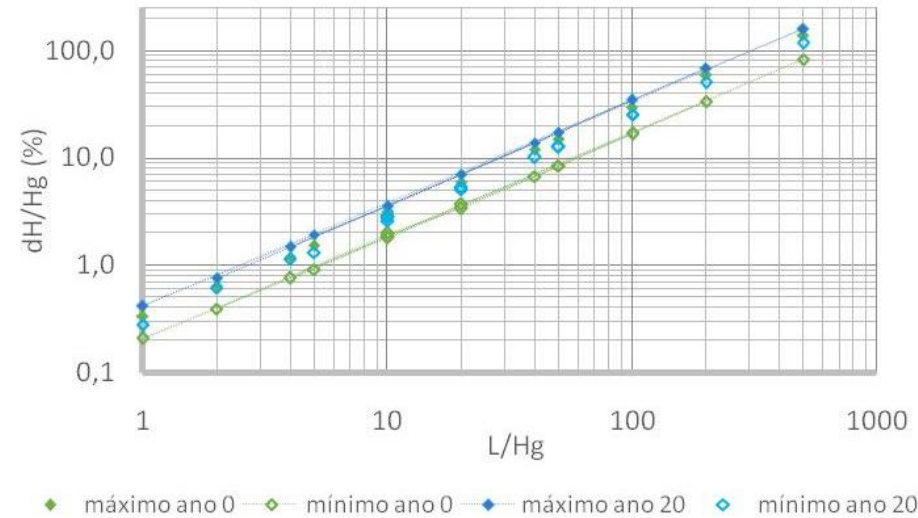
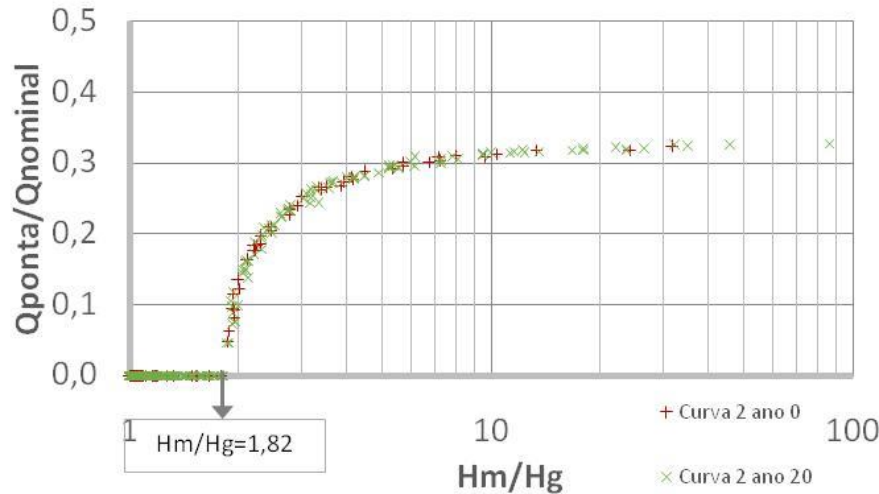
LENHS  
UFRGS

# PESQUISAS



## Operação de bombeamento otimizada

Metodologia para avaliação da eficiência energética de sistemas de bombeamento



## Capacidade do reservatório superior

$$E = \frac{\gamma Q H_M}{\eta_b \eta_m} \Delta t$$

$$\frac{VR}{VC} = -0,3336 \times FC + 0,6088$$

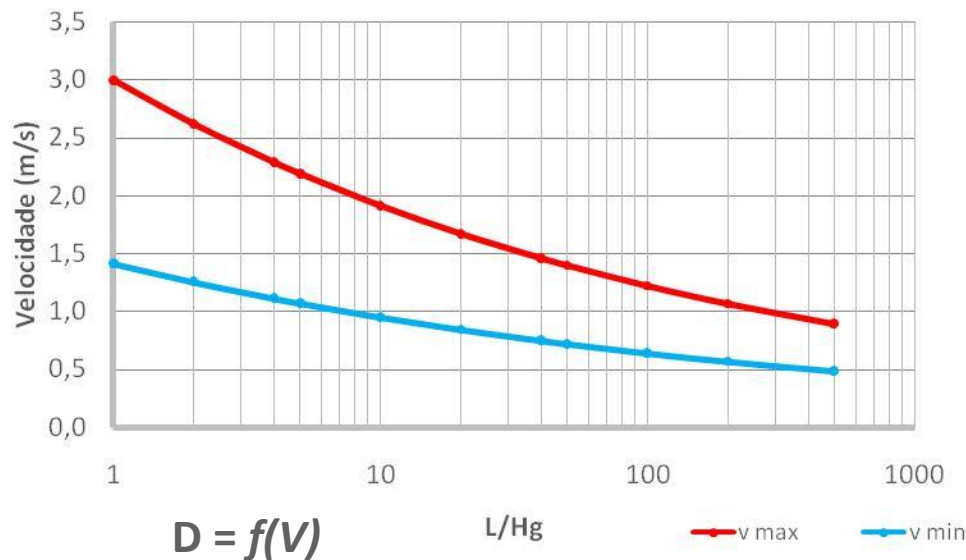
VR = volume de reservação;  
VR = volume consumido

$$FC = \frac{1}{k_2} = \frac{Q_{med}}{Q_{max}}$$

Fonte: Kuritza, 2017

## Indicadores – Velocidade máxima e mínima $\Rightarrow f\left(\frac{L}{H_g}\right)$

Autor	Velocidade	Diâmetro
Granados (1990)	$v < 2\text{m/s}$ $2\text{m/s} < v < 3\text{m/s}$ $v < 2 + D$ (D em mm)	$D < 250\text{mm}$ $300\text{mm} < D < 1000\text{mm}$ $D > 1000\text{mm}$
Clement e Gallant (1986)	$1,8\text{m/s} < v < 3\text{m/s}$	
Walski (1985)	$v < 2,4\text{m/s}$	
Alzamoea e Tárrega (1987)	$0,6\text{m/s} < v < 2,25\text{m/s}$	
ABNT NBR 12214:1992	$0,6\text{m/s} < v < 3\text{m/s}$	



Fonte: Kuritza, 2017

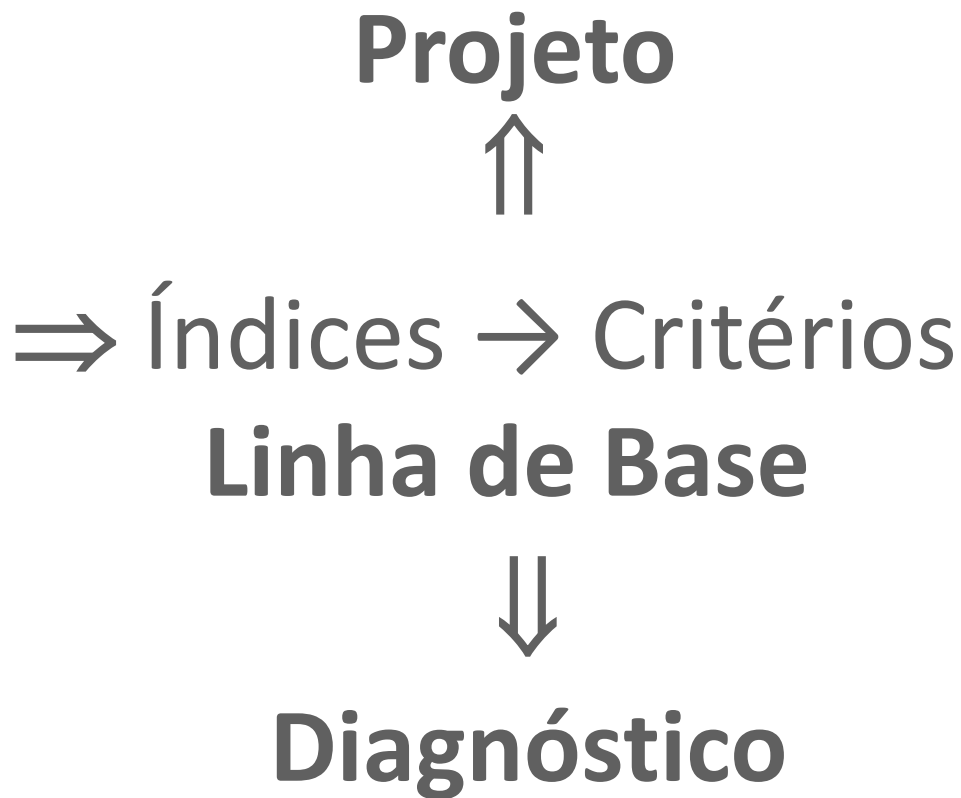
$$E = \frac{\gamma Q H_M}{\eta_b \eta_m} \Delta t$$

$$H_m = H_g + \Delta h_p$$

$$\Delta h_p = f\left(\frac{v^2}{2g}\right)$$

### Metodologia para avaliação da eficiência energética de sistemas de bombeamento

$$E_{\min} = \frac{\mathcal{Q}_{\text{ótima}} H_{M \text{ ótima}}}{\eta_{b \text{ ótmima}} \eta_{m \text{ ótima}}} \Delta t$$



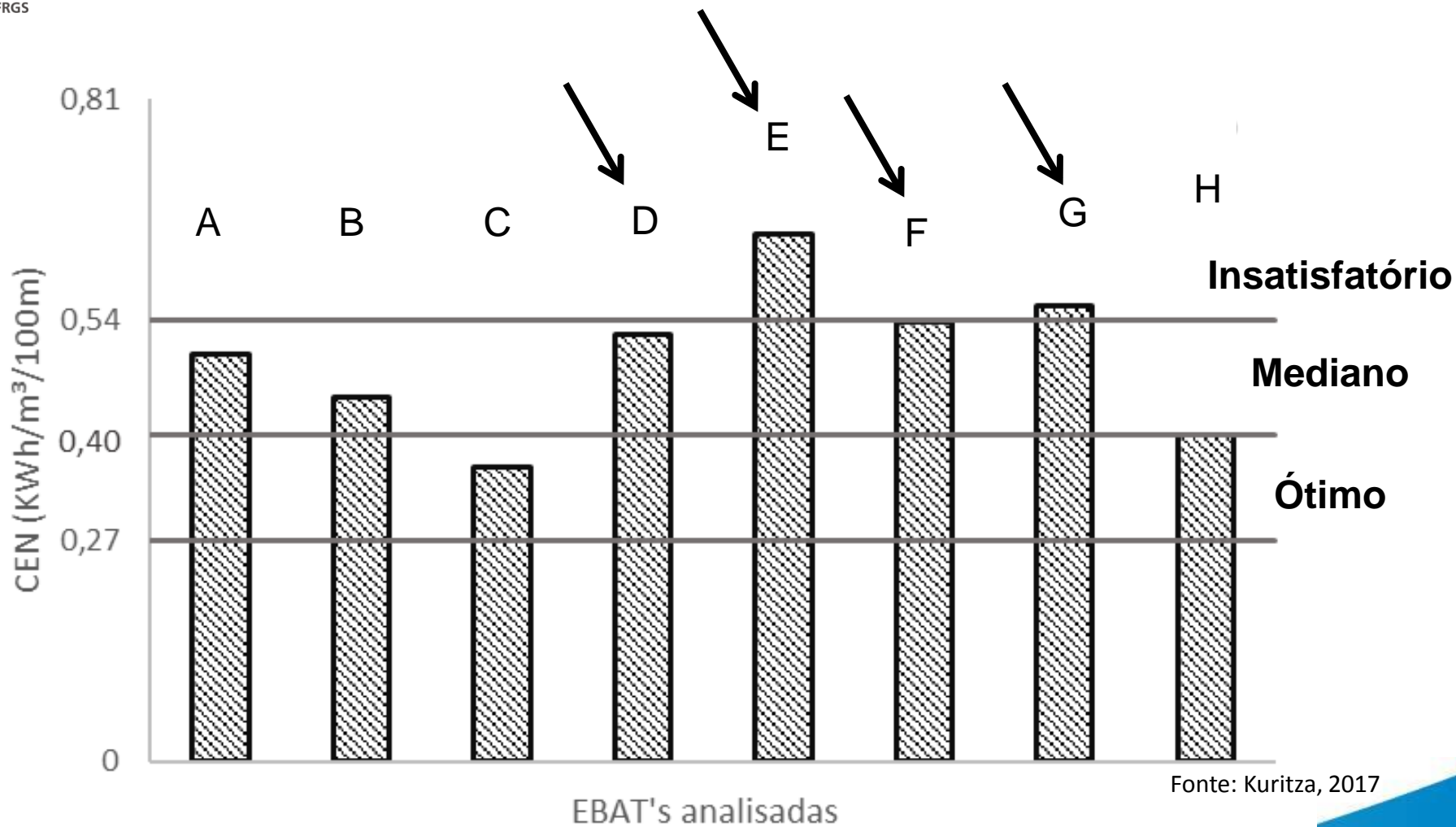
## • Indicadores hidro energéticos

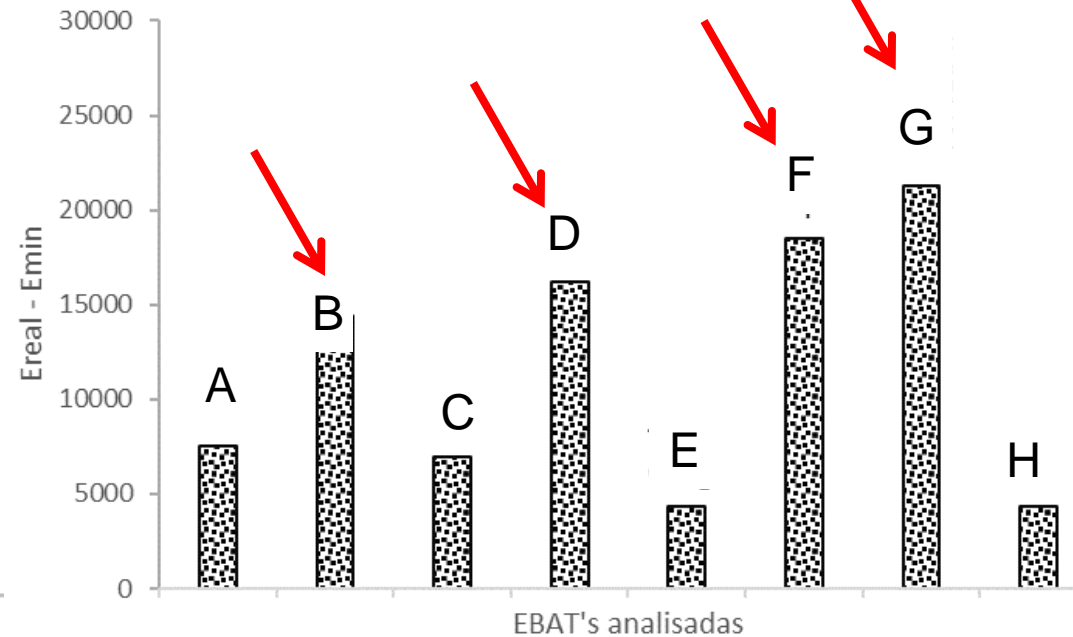
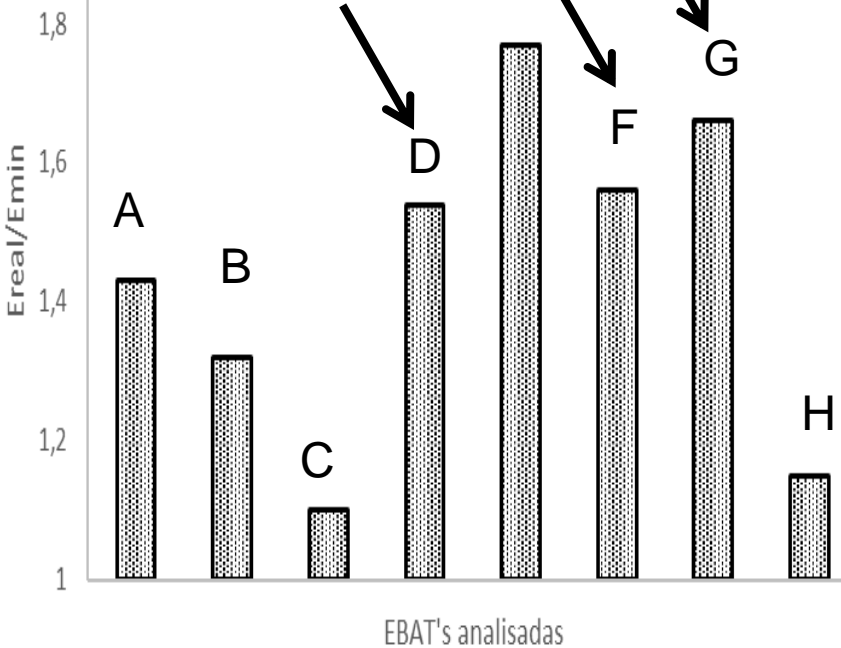
- Dificuldade em comparar diferentes sistemas (L, Hg, V)
- São bons em comparação temporal do próprio sistema
- R\$/m<sup>3</sup>;
- kWh/m<sup>3</sup>;
- R\$/kWh;
- Hm/L;

- $$CEN = \frac{\text{Consumo de energia}}{\text{Volume bombeado} \times \frac{Hm}{100}}$$

- $$CE = \frac{\text{Consumo de energia}}{\text{Volume bombeado}}$$

- Quais valores são “bons”?

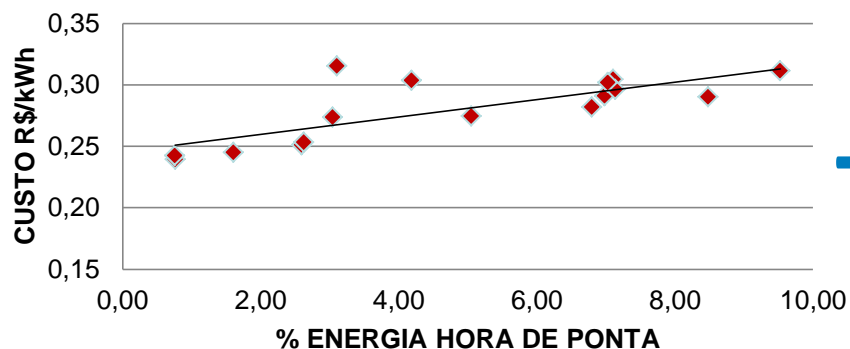




CEN	Ereal /Emin	Ereal -Emin
E	E	<b>G</b>
G	G	<b>F</b>
F	F	<b>D</b>
D	D	<b>B</b>

Fonte: Kuritza, 2017

⇒ Índices eficiência económica: Bombeamento hora ponta



Relação direta entre energia consumida na hora de ponta e o custo total do serviço das EBAPs

Indicadores eficiência energética →

$$IE_1 = \frac{E_{real}}{E_{min}}$$



Indicadores eficiência custo →

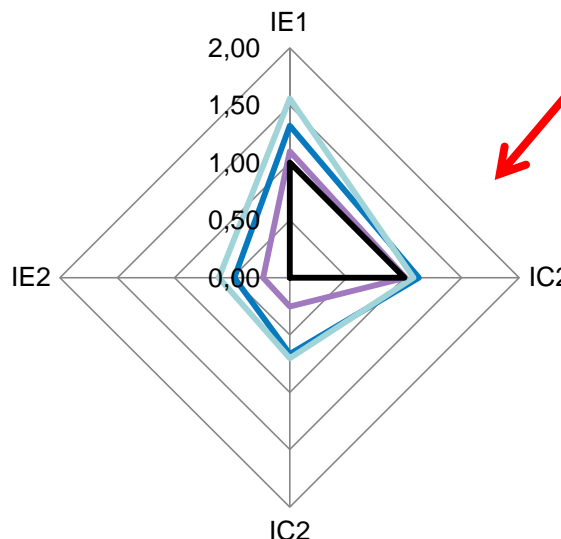
$$IC_1 = \frac{E_{min} + E_p}{E_{min}}$$

$$IE_2 = E_{real} - E_{min}$$



$$IC_2 = E_{real} - E_{min} + E_p$$

Representação gráfica



- EBAT A
- EBAT B
- EBAT C
- EBAT Optima

⇒ ÍNDICE DE GESTÃO (IG)

$$IG = \frac{(IE_1 + IE_2 + IC_1 + IC_2)^2}{4}$$

$$\eta G(\%) = \frac{100}{IG}$$

	IE1	IE2 (MWh/dia)	IC1	IC2 (MWh/dia)	IG	$\eta_g$	Q
EBAT	E <sub>real</sub> /E <sub>min</sub>	E <sub>real</sub> -E <sub>min</sub> +E <sub>p</sub>	E <sub>min</sub> +E <sub>p</sub> /E <sub>min</sub>	E <sub>real</sub> -E <sub>min</sub>	ÍNDICE GESTÃO	RTO. GESTIÃO (%)	EFICIÊNCIA
EBAT A	1,32	0,67	1,13	0,48	<b>3,23</b>	30,97	B
EBAT B	1,10	0,25	1,01	0,23	<b>1,68</b>	59,54	A
EBAT C	1,56	0,70	1,08	0,62	<b>3,92</b>	25,54	B
EBAT Optima	1,00	0,00	1,00	0,00	<b>1,00</b>	100,00	

Escada de eficiência (IG)

EFICIÊNCIA	A	B	C
QUALIDADE	OTIMA	MEDIANA	INSUFICIENTE
IG	(1 ≤ IG < 2,4)	(2,4 ≤ IG < 4)	(< 4)

- Aproveitar potenciais energéticos (hídricos, solar, eólicos,...)



## Sistema Cantareira -SP

5 PCHS - 2,9 MW - 3% do consumo da Sabesp

## Sistema Serra Azul - MG

1,9 a 2,5 MW - COPASA

Existe essa  
possibilidade no RS?

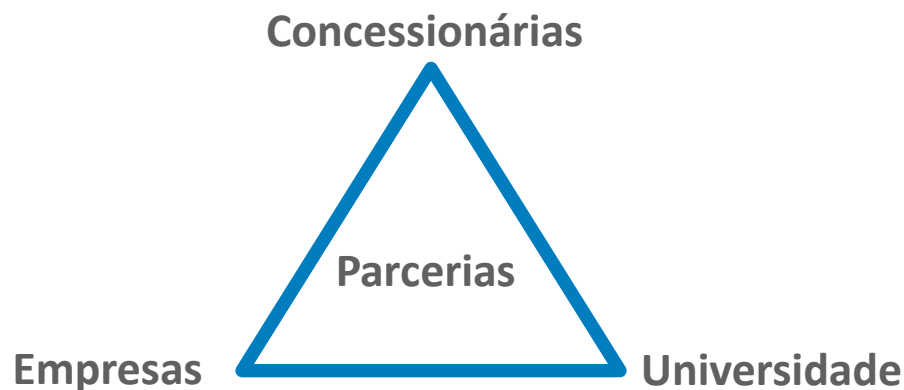
- Uso de geradores próprios em horários de ponta ou não.
  - > hídricos, solar, eólicos, biogás,...

## Recursos

- ⇒ Pessoal → bolsas
- Equipamentos
- Manutenção dos equipamentos
- Material de consumo
- Serviço de terceiros  
(pessoa jurídica e física)
- Passagens e Diárias
- Publicação → congressos e revistas.

## Fontes de Fomento

- ⇒ Eletrobras/Procel
- ⇒ Ministério das Cidades
- ⇒ FINEP
- ⇒ Capes
- ⇒ CNPQ
- ⇒ P&D
- ...



É essencial para sustentabilidade  
Há muito a ser feito em Saneamento

MONITORAR | PLANEJAR | ESTUDAR |  
PROJETAR | CONSTRUIR | OPERAR  
Buscando EFICIÊNCIA

Não se faz EFICIÊNCIA energética da noite para o dia.

Não há “varinha mágica”

# OBRIGADO!

**Marcelo Giulian Marques**

[mmarques@iph.ufrgs.br](mailto:mmarques@iph.ufrgs.br)

(051) 3308-6405

99962-5492

