

Eficiência Energética em Saneamento

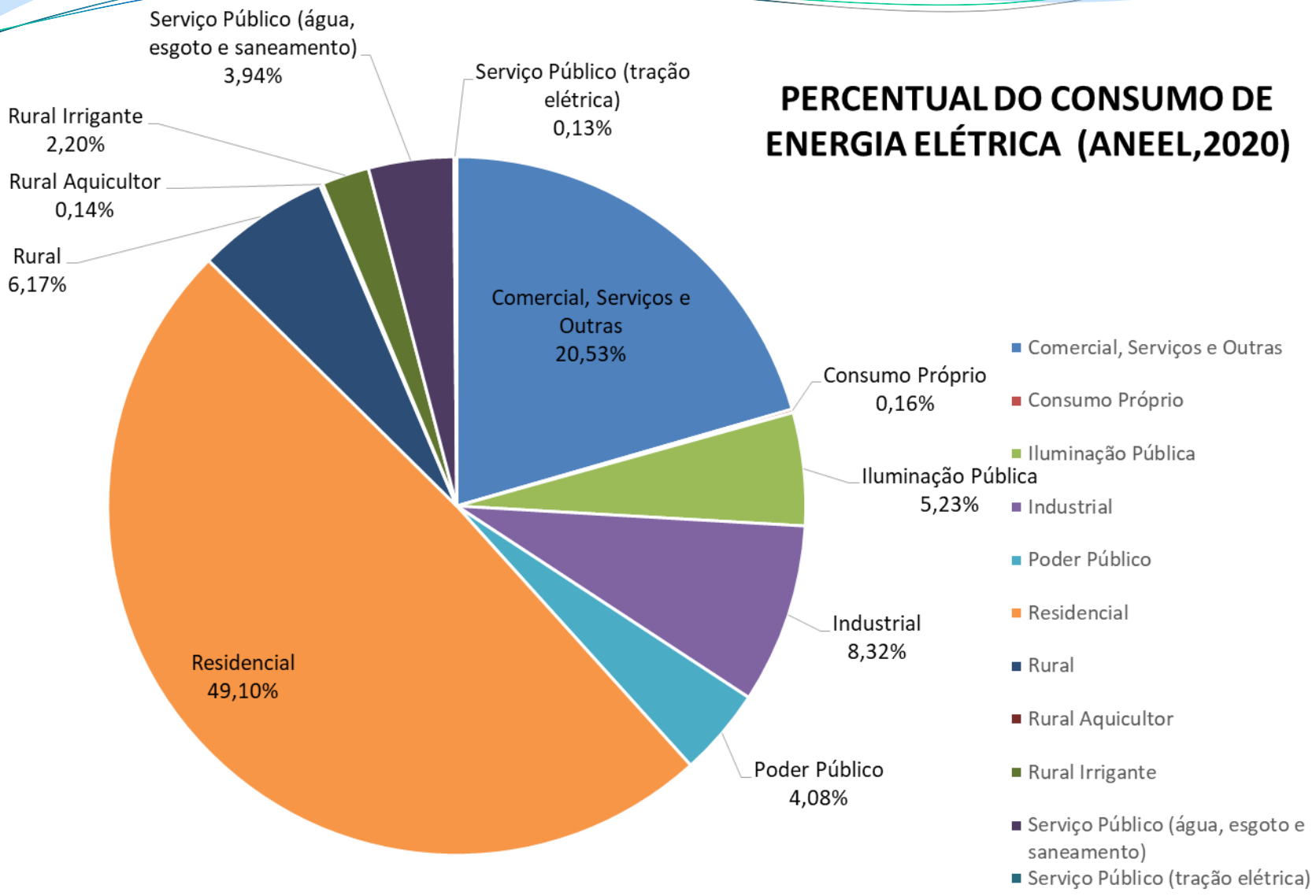
Heber Pimentel Gomes

heberp@uol.com.br



EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

PERCENTUAL DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL, 2020)



CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA POR CLASSE NO
ANO DE 2020

Classe de Consumo	MWh	%
Comercial, Serviços e Outras	62.193.057,05	20,53%
Consumo Próprio	485.952,60	0,16%
Iluminação Pública	15.832.005,78	5,23%
Industrial	25.217.050,25	8,32%
Poder Público	12.356.904,47	4,08%
Residencial	148.774.670,00	49,10%
Rural	18.695.577,73	6,17%
Rural Aquicultor	434.122,27	0,14%
Rural Irrigante	6.660.648,73	2,20%
Serviço Público (água, esgoto e saneamento)	11.949.122,59	3,94%
Serviço Público (tração elétrica)	402.957,96	0,13%
Totais	303.002.069,43	100,00%

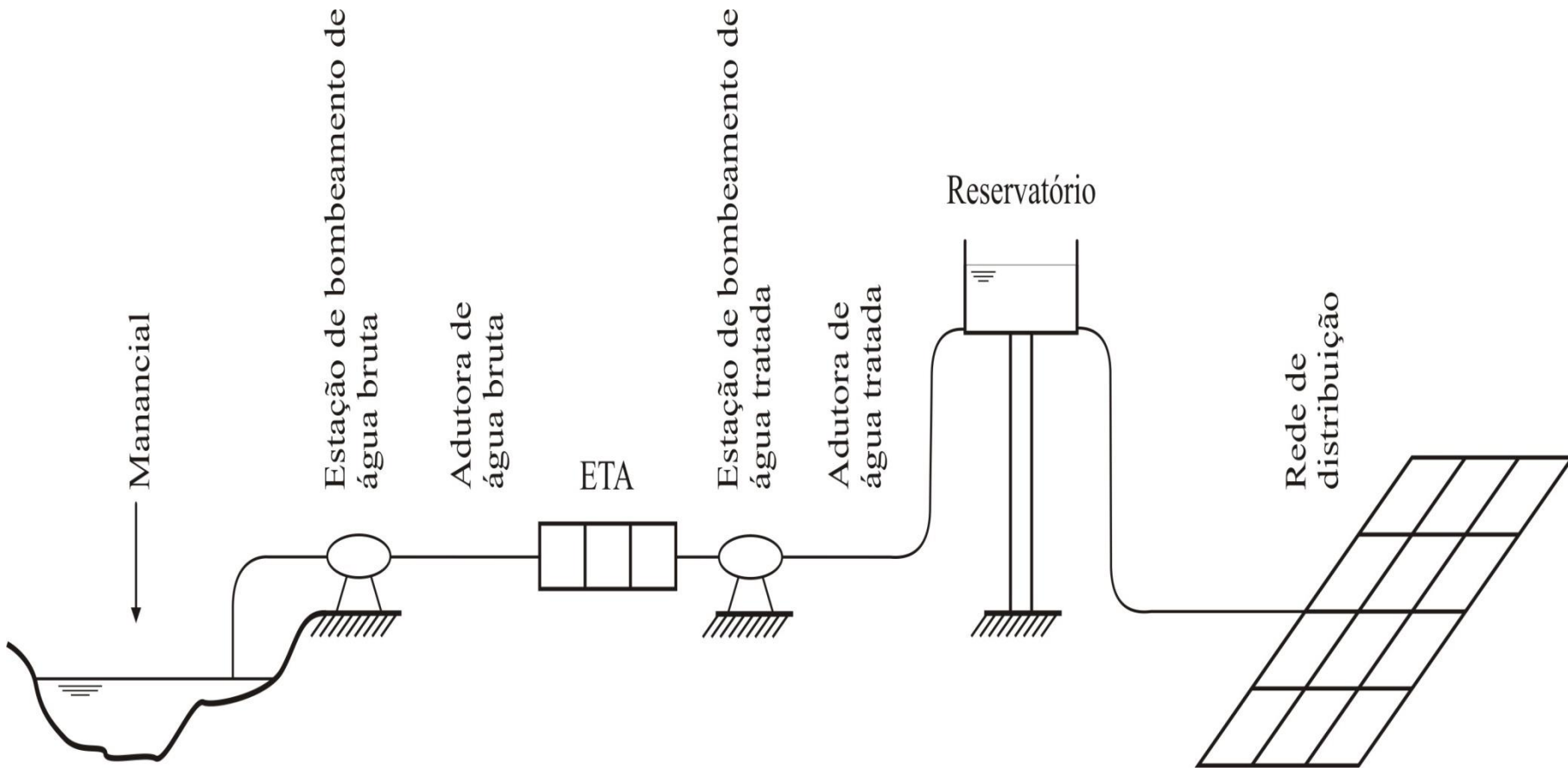
De acordo com ANEEL, o consumo de EE em 2020, no Brasil, foi de 303.002 GWh. O serviço de água e esgoto consumiu 12 milhões de MWh.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – CONCEITO

Utilização de uma menor quantidade de energia para a obtenção de um mesmo produto ou serviço, por meio da eliminação de desperdício e das perdas, do uso de equipamentos eficientes e do aprimoramento de processos produtivos.

No setor de saneamento a eficiência energética se aplica na diminuição do consumo de energia em todo o sistema, mediante a melhora do rendimento dos conjuntos motorbomba, na diminuição das perdas hidráulicas nas tubulações das elevatórias e redes de distribuição, na otimização operacional do processo de pressurização e transporte da água, na diminuição das perdas de água, etc.

Perdas de Energia ocorrem, predominantemente, nos bombeamentos, nas adutoras e nas redes de distribuição



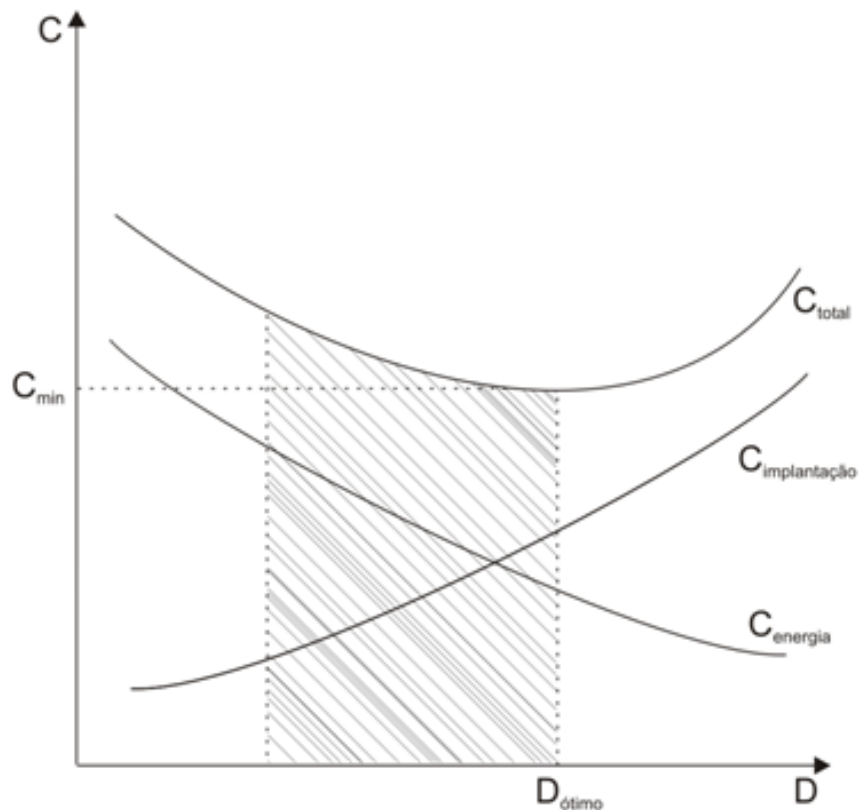
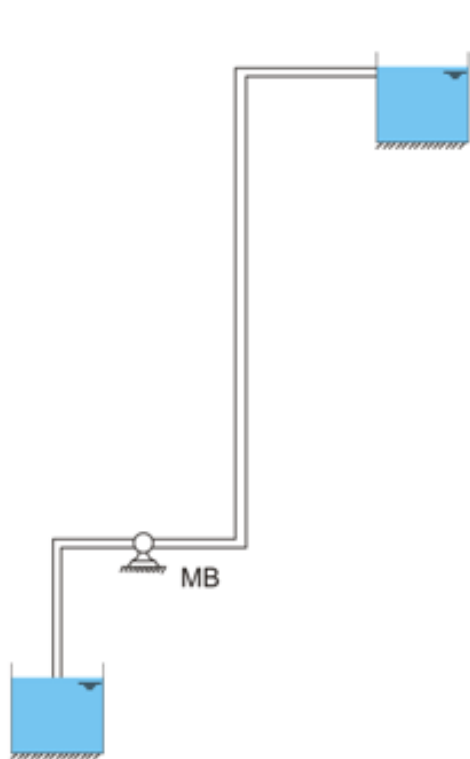
DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE SISTEMAS PÚBLICOS

- O aumento da demanda hídrica dos sistemas, associado à diminuição da qualidade da água bruta disponível e ao aumento da distância dos mananciais aos centros consumidores, leva, indiscutivelmente, ao aumento significativo do custo operacional de captação, tratamento e distribuição da água potável.
- Exemplos: Cidades de Caruaru, PE (CE = 2,0 kWh/m³) e de São Paulo; no mundo o consumo específico de energia médio (CE) é de 0,7 kWh/m³.

- A maioria dos sistemas de bombeamento, atualmente existentes no Brasil, responsáveis pelas elevatórias de água bruta, potável e residuárias, foram projetados e construídos sem a preocupação com o custo da energia elétrica, já que este era fortemente subsidiado e não onerava muito o custo operacional das estações de bombeamento.

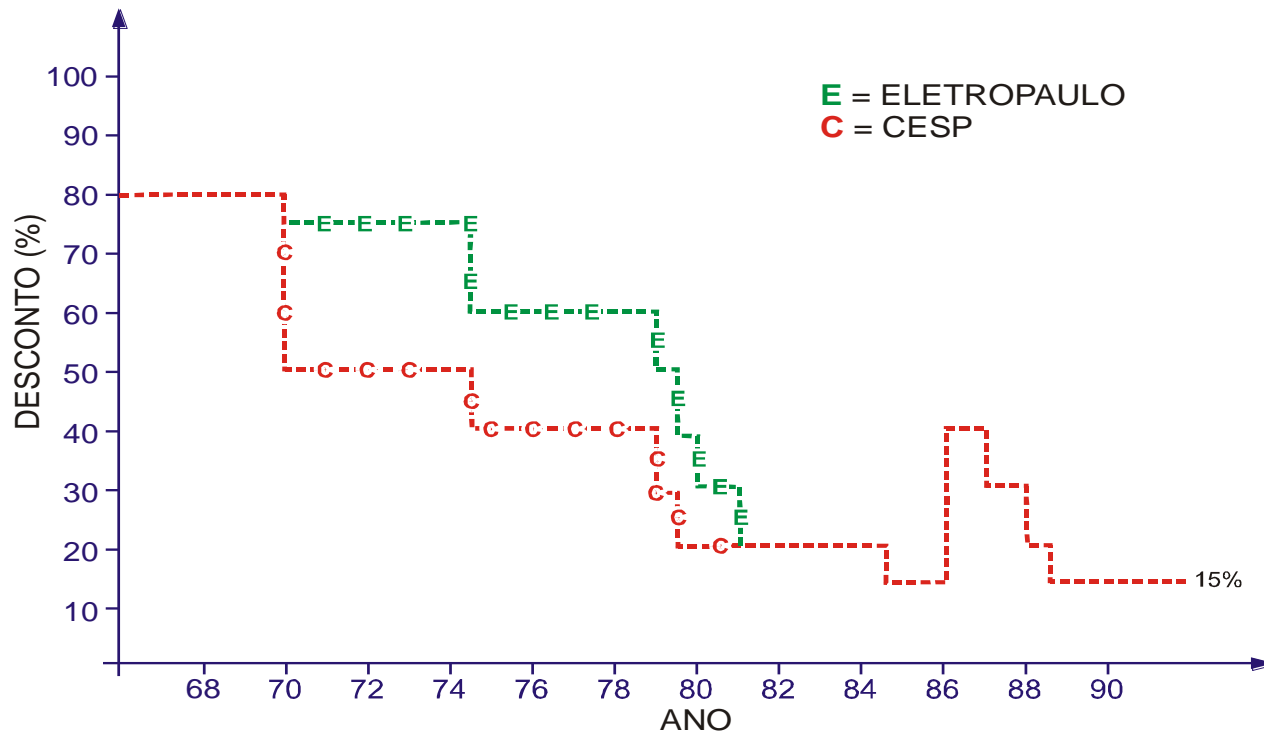
$$Q = V \frac{\pi D^2}{4}$$

$$h_f = f(Q, D)$$

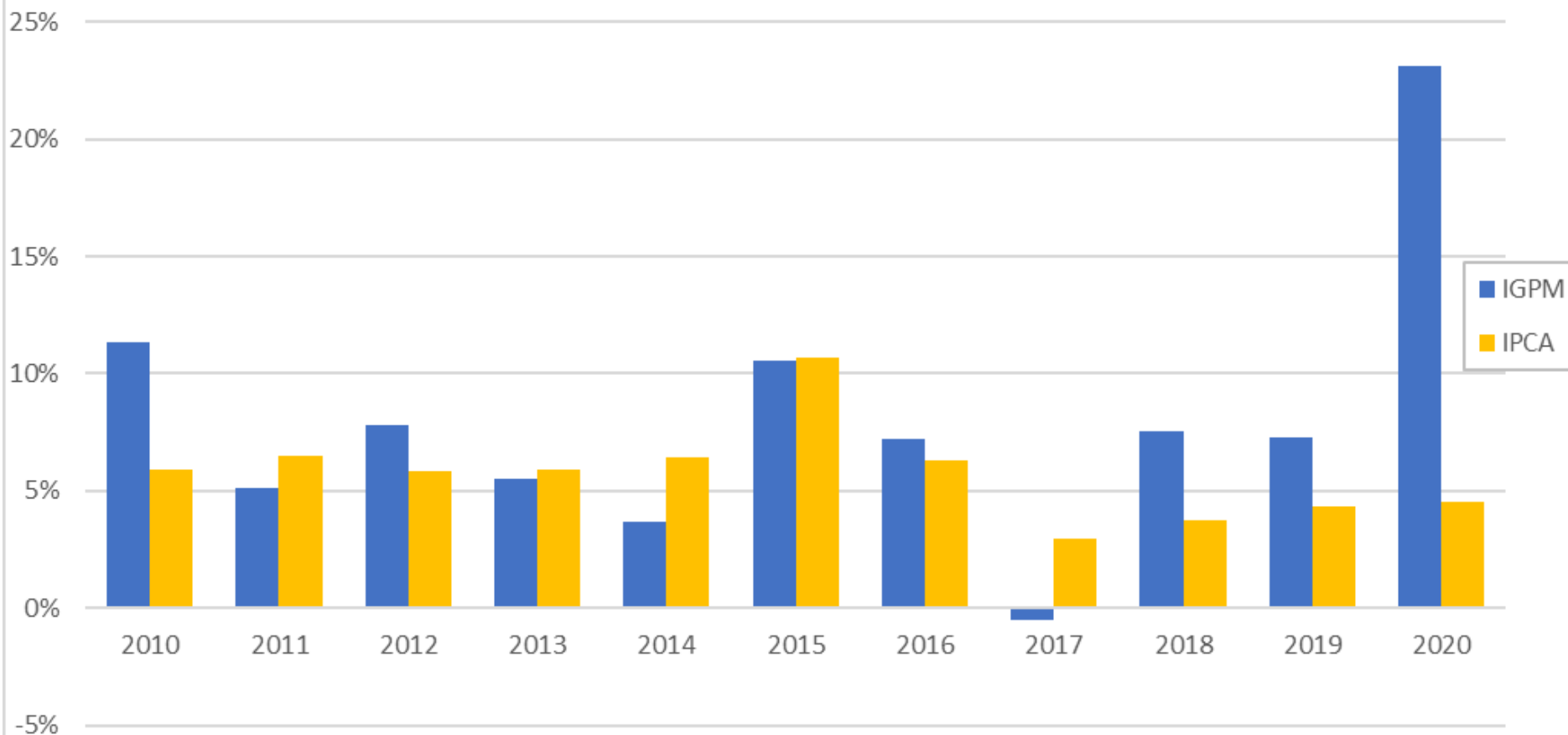


Diminuição dos Subsídios

- Nos últimos trinta anos a repercussão do custo da energia elétrica nos sistemas de saneamento no Brasil tem se acentuado significativamente e já constitui no segundo item de despesa da maioria das empresas prestadoras de serviço.



Comparativo IPCA e IGP-M



Despesas de Exploração dos Prestadores de Serviço Sistemas de Saneamento no Brasil (SNIS, 2018)

- Pessoal Próprio = R\$ 17.733,7 milhões (41,5%).
- Serviços de Terceiros = R\$ 8.067,4 milhões (18,9%).
- Pessoal Total = 60,4%.
- Energia elétrica = R\$ 6.185,8 milhões (14,5%).
- Outras Despesas de Exploração = R\$ 4.626,1 milhões (10,8%)
- Fiscais ou Tributárias = R\$ 4.261,1 milhões (10,0%).
- Produtos Químicos, Água Importada e Esgoto Bruto Exportado = R\$ 1.845,4 milhões, (4,3%).

PRINCIPAIS PROBLEMAS ATUAIS DE GESTÃO DOS SISTEMAS URBANOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

- **Infraestrutura física deteriorada**
- **Elevadas perdas de água: reais e aparentes**
- **Incapacidade de transporte de água nas redes: baixas pressões disponíveis para os usuários**
- **Intermitência no abastecimento**
- **Consumo elevado de energia elétrica: baixa eficiência energética**
- **Falta ou inexistência de cadastro atualizado, georeferenciado**
- **Falta de controle da qualidade da água**

PERFIL DO USO DE ENERGIA ELÉTRICA CAGEPA - 2020

18.500.000 kWh
Consumo Mensal

- 95,8% Água
- 3,7% Esgoto
- 0,5% Outros

R\$ 8.000.000,00
Despesa Mensal

- 9,75% do faturamento da CAGEPA
- Tributos – 10%
- Indicadores:
 - R\$ 0,43/kWh
 - R\$ 0,65/m³
 - 1,51 kWh/m³

807
Unidades de Consumo

- 183 UC com contrato de demanda

Indicadores de desempenho de eficiência energética

- O CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA (CE) representa a energia elétrica necessária para bombear 1 m³ de água na instalação em análise.

$$CE = \frac{EE_{\text{cons}}}{V_{\text{bomb}}}$$

- onde:

CE = Consumo específico de energia, em kWh/m³;

EE_{cons} = Energia elétrica consumida, em kWh;

V_{bomb} = Volume bombeado, em m³.

Consumo específico de energia elétrica “CE”, em kWh/m³, dos prestadores de serviço de distribuição de água de abrangência regional (SNIS, 2014, dados referentes a 2013)

NORTE		SUDESTE	
CAER/RR	0,35	CEDAE/RJ	0,55
CAERD/RO	0,52	CESAN/ES	0,55
CAESA/AP	0,40	COPASA/MG	0,87
COSAMA/AM	0,36	SABESP/SP	0,70
COSANPA/PA	1,14		
		SUL	
		CASAN/SC	0,65
		CORSAN/RS	0,61
		SANEPAR/PR	0,85
NORDESTE			
AGESPISA/PI	0,64		
CAEMA/MA	0,58	CENTRO-OESTE	
CAERN/RN	0,95	CAESB/DF	0,94
CAGECE/CE	0,52	SANEAGO/GO	0,79
CAGEPA/PB	0,94	SANESUL/MS	0,71
CASAL/AL	0,76	SANEATINS/TO	0,53
COMPESA/PE	0,92		
DESO/SE	1,09		
EMBASA/BA	0,89		

COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ENERGIA - ETAPAS

- Diagnóstico – 1ª Etapa
- Ações Administrativas – 2ª Etapa
- Ações Operacionais – 3ª Etapa

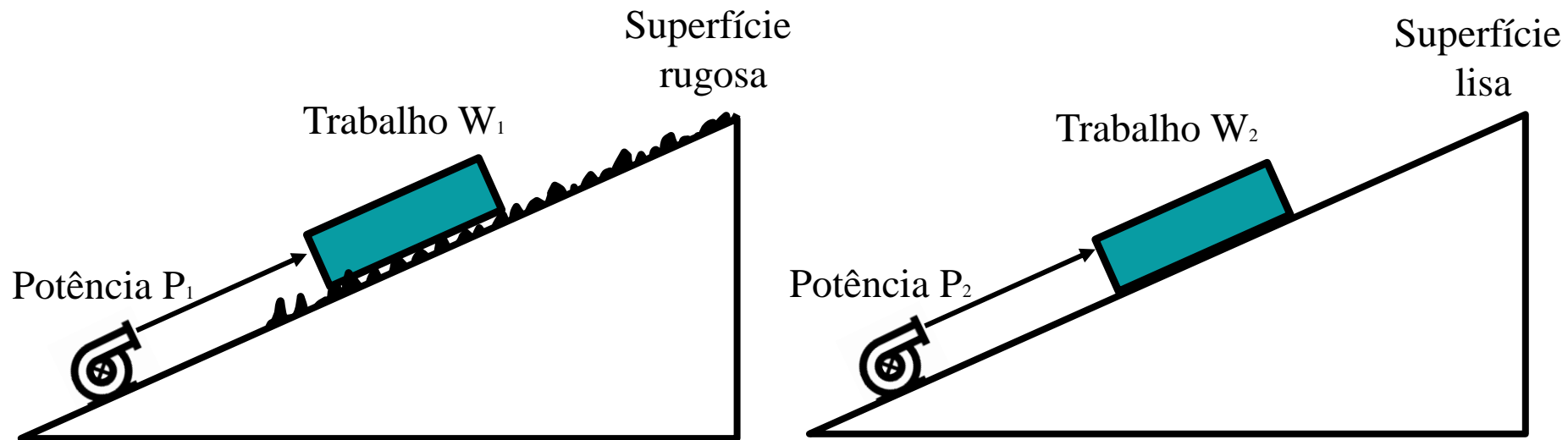
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

1ª ETAPA - DIAGNÓSTICO

**Identificação dos pontos de
uso excessivo de energia.**

Parte mais laboriosa do trabalho de eficiência energética

Superfície lisa e rugosa



$$W_2 < W_1 \quad \rightarrow \quad P_2 < P_1$$

Diagnóstico hidroenergético (parte mais laboriosa)

As principais atividades para o diagnóstico hidroenergético são:

- Acompanhamento e análise de contas.
- Cadastro das instalações.
- Medições elétricas e hidráulicas de campo.
- Curvas dos equipamentos e sistemas.
- Diagnóstico elétrico e hidráulico das instalações.
- Estimativas de perdas de água
- Análise do dimensionamento das instalações.
- Estudo de viabilidade econômica.

**25% de desperdício
de energia elétrica**



Ações Administrativas - 2ª Etapa

- Correção da classe de faturamento (15% de desconto para saneamento). **Esse desconto está caindo.**
- Regularização da demanda contratada.
- Alteração da estrutura tarifária (simulação em softwares específicos).
- Entendimentos com as companhias energéticas para redução de tarifas.
- Conferência de leitura da conta de energia elétrica.
- Desativação das instalações sem utilização.

Ações Operacionais – 3ª Etapa: Diminuição do consumo de energia elétrica

- Melhoria no rendimento dos conjuntos motobomba
- Redução das perdas de carga nas tubulações
- Redução das perdas de água no sistema
- Utilização de inversores de frequência
- Alteração no regime de bombeamento e reservação
- Automação e controle do sistema de distribuição
- Correção do fator de potência
- Alteração da tensão de alimentação
- Usos alternativos de energia elétrica

- O custo da energia de bombeamento, para um determinado intervalo de tempo será:

$$C_{\text{energia}} = \frac{9,81 \cdot Q \cdot H}{\eta} \cdot N_b \cdot p$$

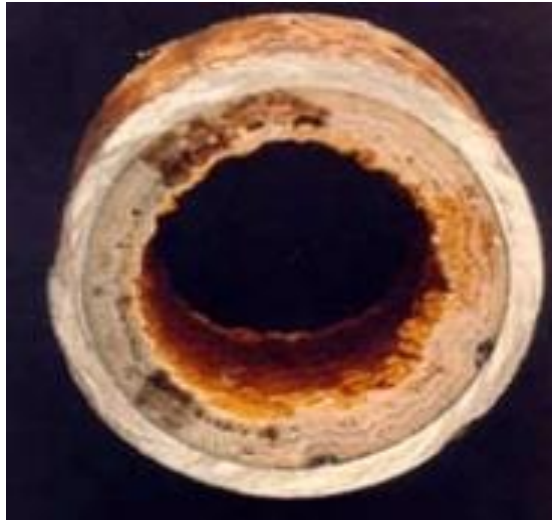
Onde:

C_{energia} é o custo de energia de bombeamento em \$; Q é a vazão em m^3/s ; H é altura manométrica em metros (m); N_b é o número de horas de bombeamento; e p é a tarifa em unidade monetária \$.

Aumento do Rendimento do Conjunto Eletrobomba. Implantação de Motores de Alto Rendimento

- Constitui-se, normalmente, na medida mais imediata de diminuição do custo energético.
- Geralmente as empresas utilizam os seus conjuntos motobomba por um período maior que o tempo de vida útil das máquinas.
- A troca do conjunto necessita de um estudo hidráulico e de avaliação econômica

Perda de Energia nas Adutoras e Redes de Abastecimento



Aumento da demanda de água não prevista no projeto

**João
Pessoa**



1990

**João
Pessoa**



2010

**João
Pessoa**



2017

Combate a Perdas de Água > 40% no Brasil



Fraude: perdas aparentes



Hidrômetros deficientes: perdas aparentes



Vazamentos: fugas por excesso de pressão



Vazamentos: rompimentos de tubulações

Redução da Altura Manométrica e da Vazão Requerida

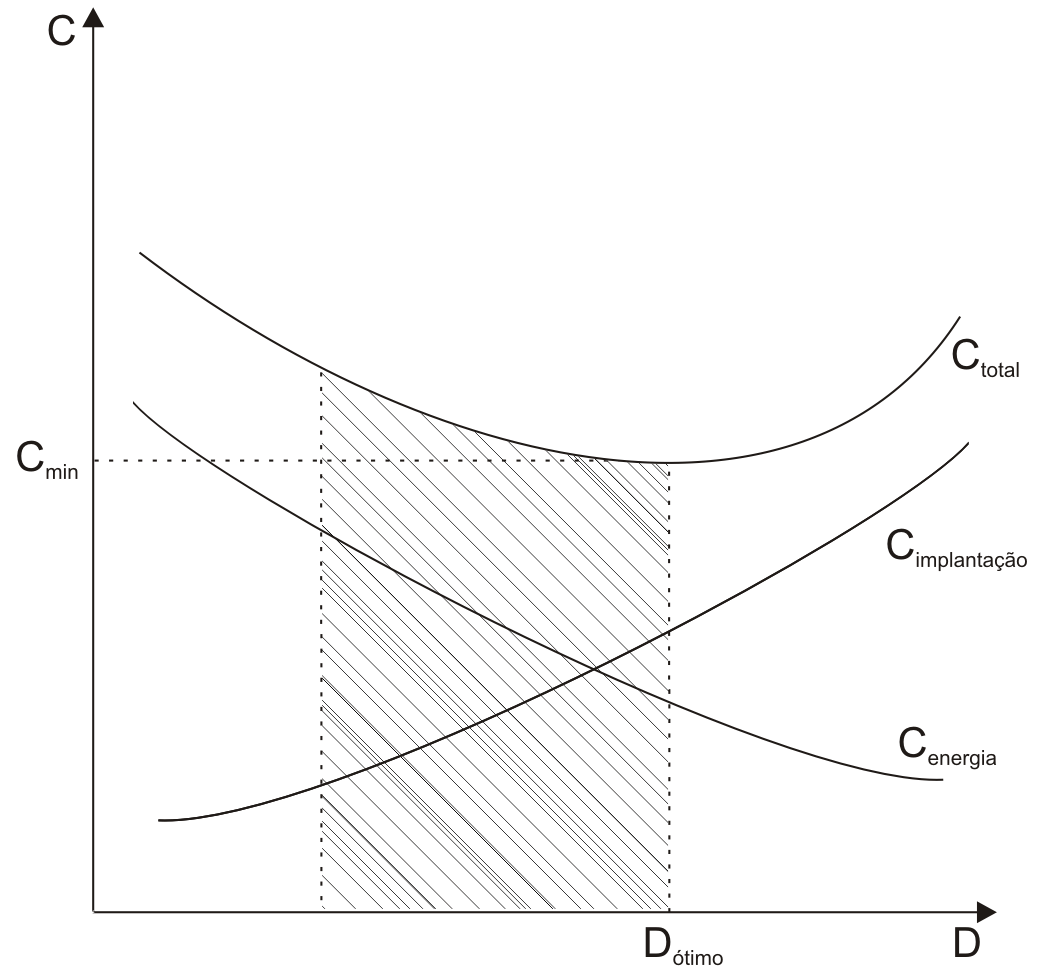
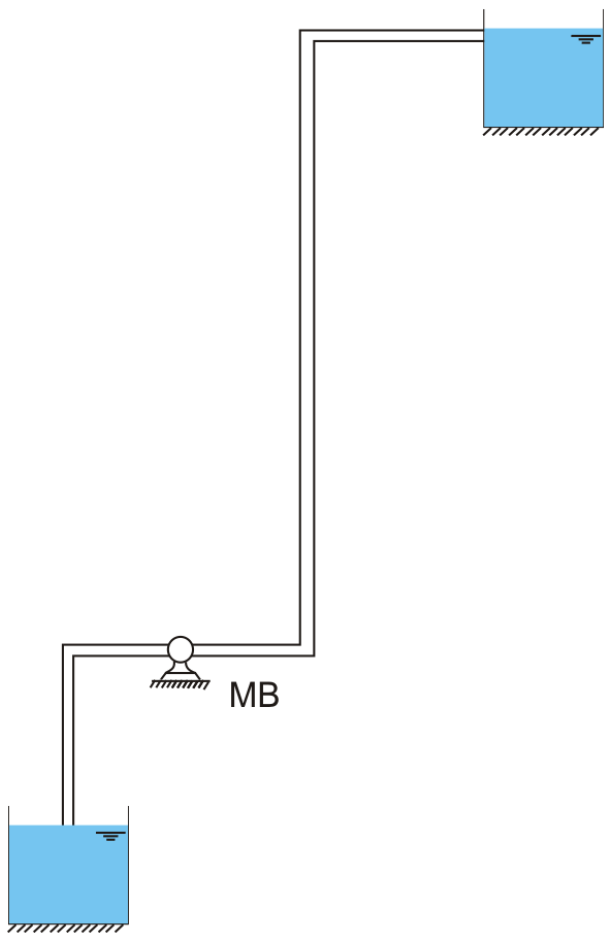
Redução da
altura
manométrica

- Redução da altura geométrica
- Redução das perdas de carga
 - Dimensionamento otimizado dos diâmetros
 - Limpeza ou revestimento da tubulação
 - Eliminação de ar em conduto forçado
 - Vórtice no poço de sucção de elevatória
 - Vórtice em reservatório de distribuição de água

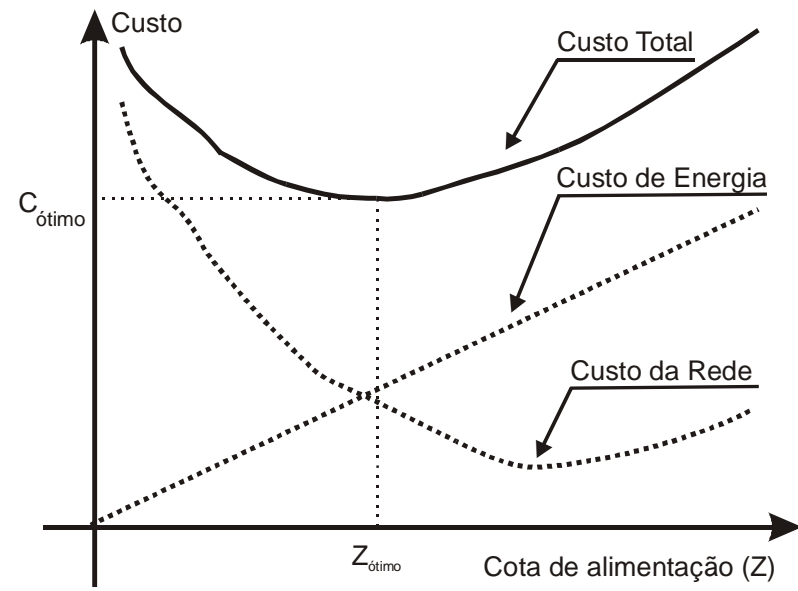
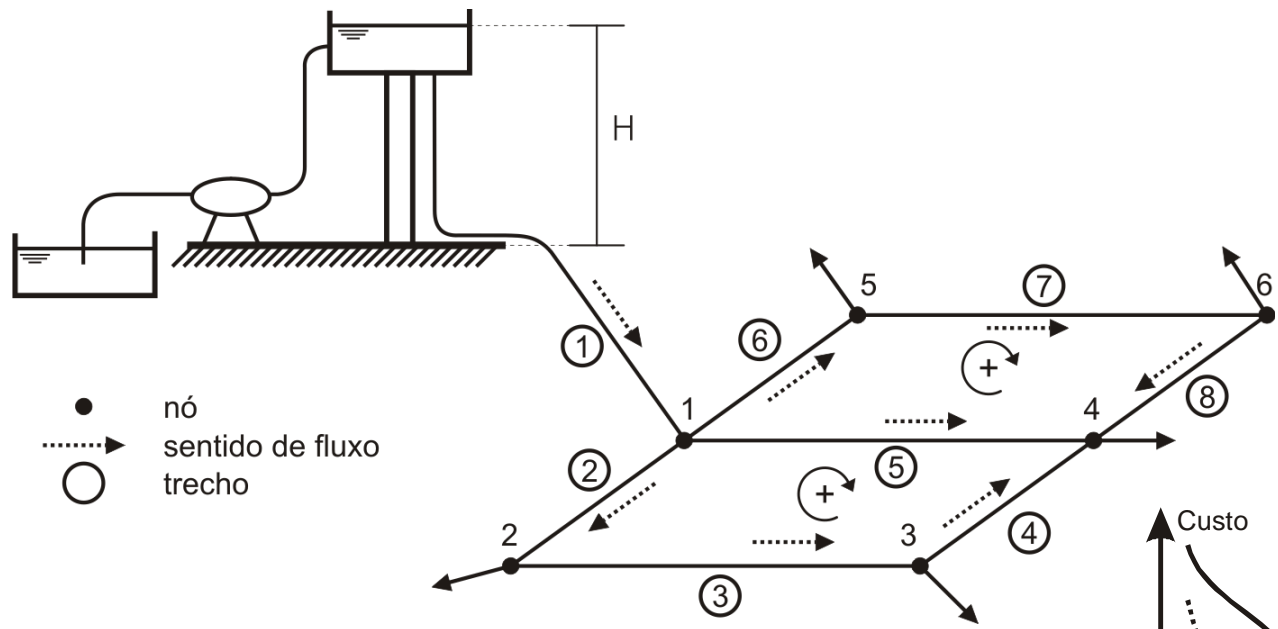
Redução da vazão
demandada

- Diminuição das perdas de água
- Uso racional da água

Dimensionamento Otimizado dos Diâmetros das Adutoras e Redes



Dimensionamento Otimizado dos Diâmetros das Adutoras e Redes



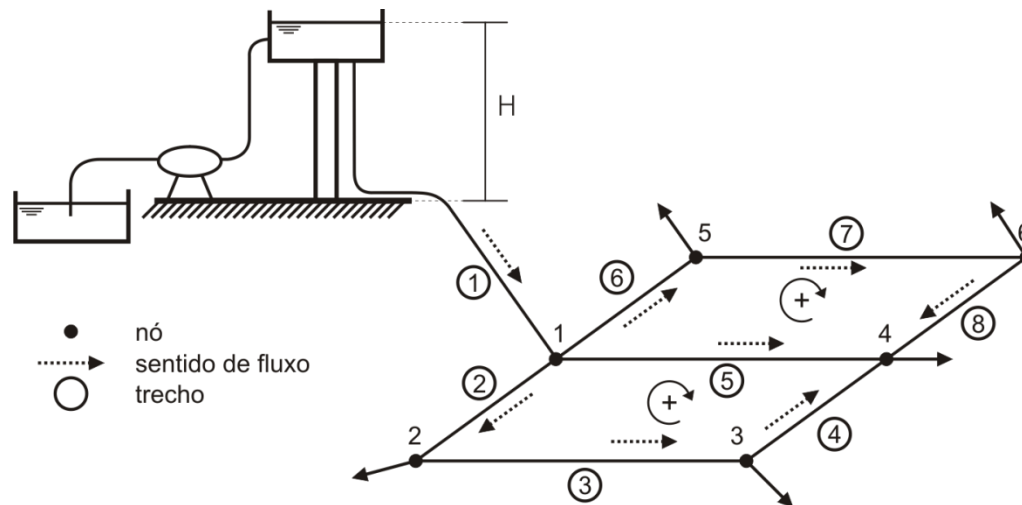
Diminuição de Perdas de Energia Provocadas por Vórtices e Ar nas Tubulações

- Vórtice no poço de sucção de elevatória
 - 1% de ar (em volume) no escoamento reduz a eficiência da bomba em 15%
- O acúmulo de ar nas tubulações forçadas restringe a seção do escoamento causando acréscimo de perda de carga (energia) no sistema.

Alteração no sistema de bombeamento-reservação: Desligamento Total ou Parcial das Bombas no Horário de Ponta

- **Situações em estudo**

- Volume de reservação > volume consumido → desligamento das bombas
- Volume de reservação < volume consumido
 - Acréscimo de reservação
 - Bombeamento parcial



USO DE INVERSORES DE FREQUÊNCIA NOS BOMBEAMENTOS

Variação da vazão demandada ao longo do dia

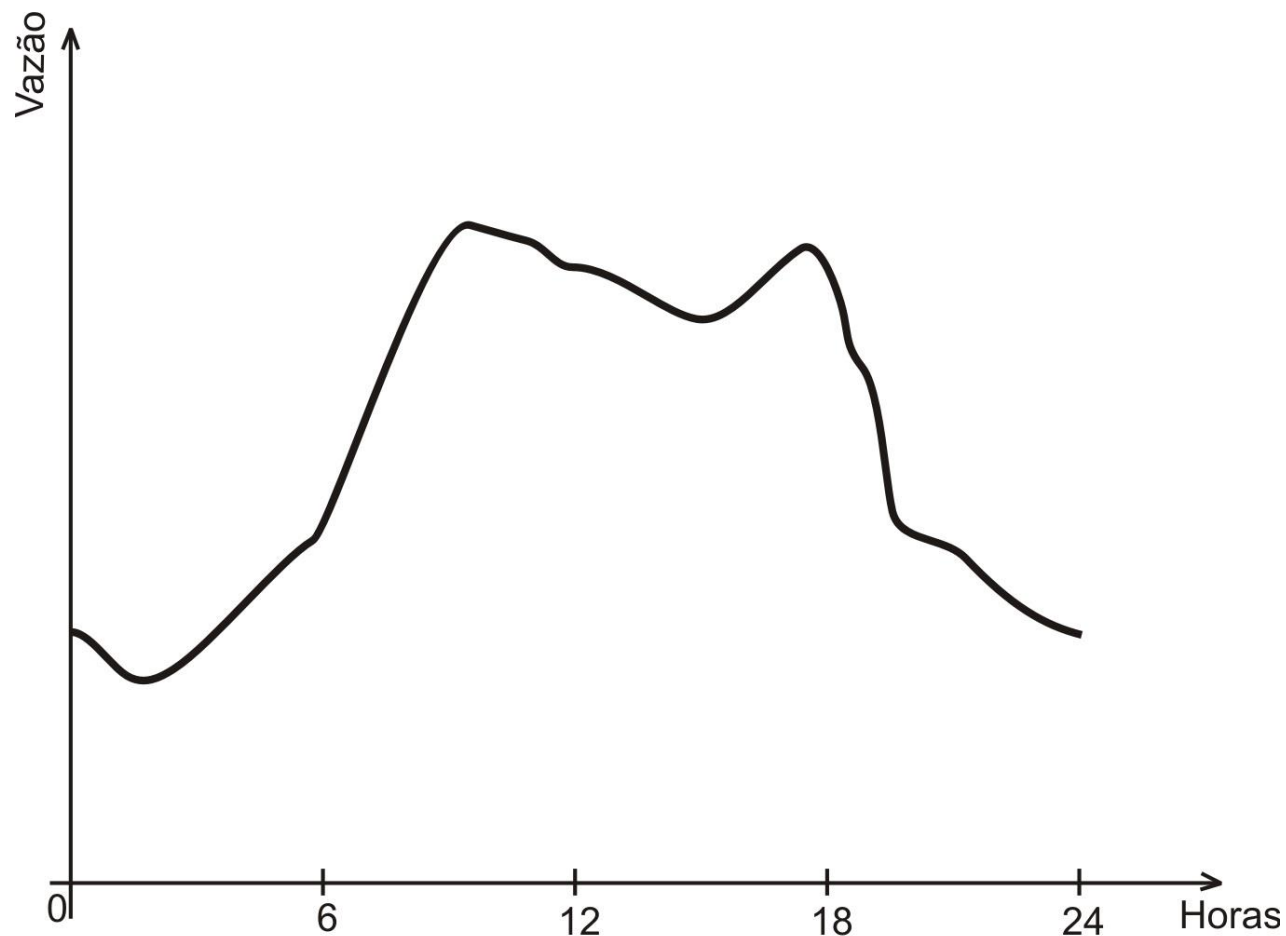
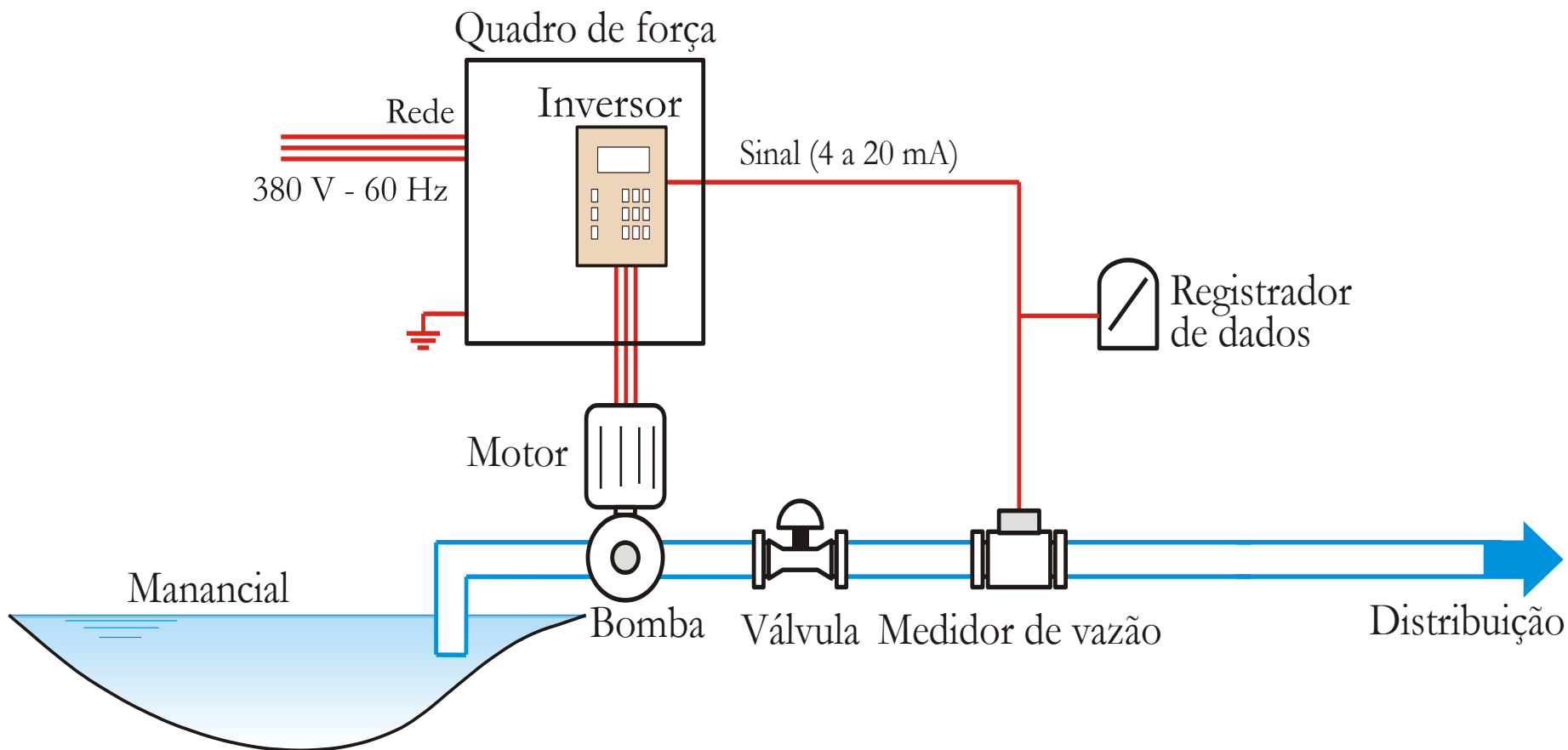


Figura 2.1 - Livro Abastecimento de Água (Gomes, H. P. 2019)

USO DE INVERSORES DE FREQUÊNCIA NOS BOMBEAMENTOS

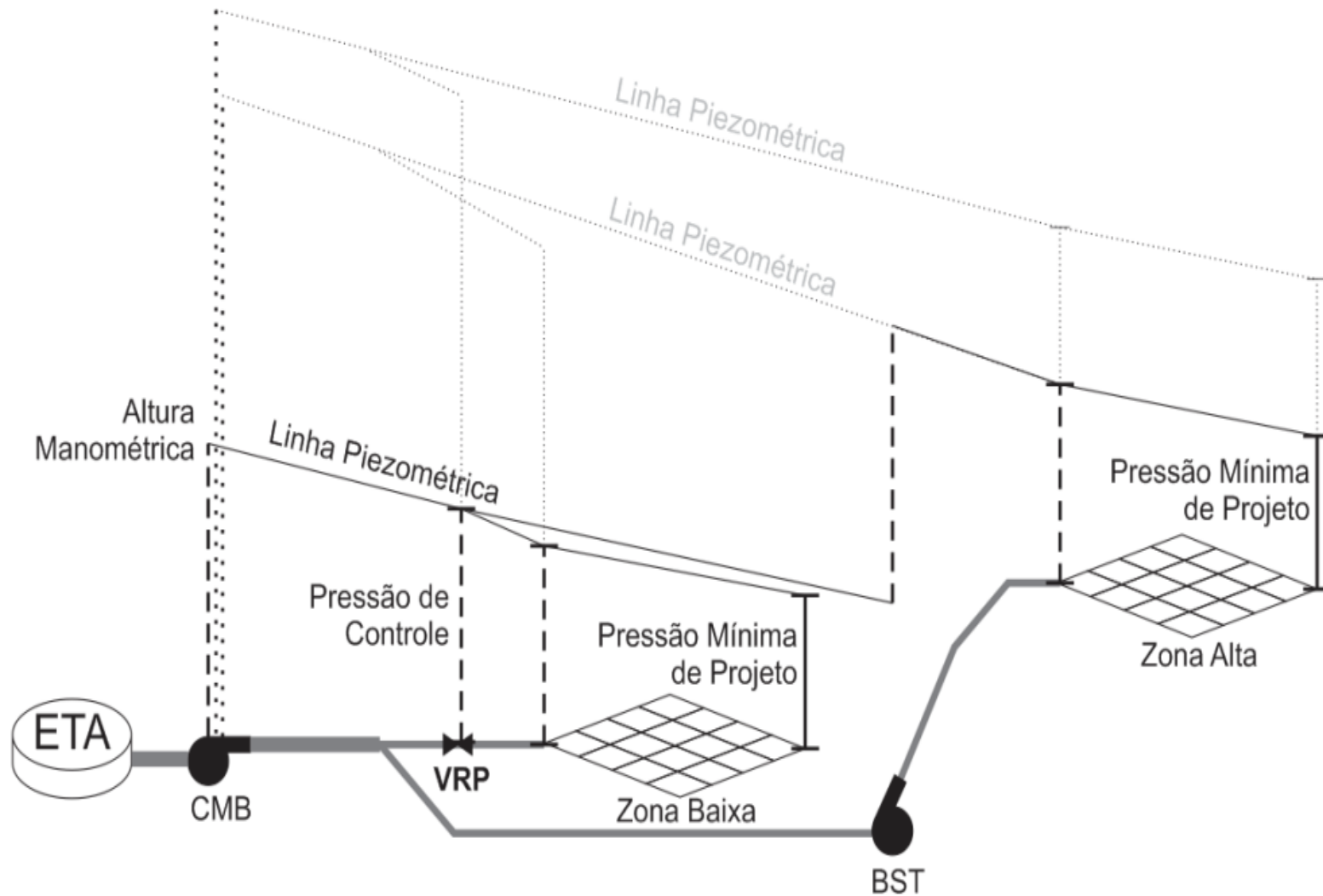


Inversores de Frequência

- **Vantagens**

- Economia de energia elétrica
- Evita pressões elevadas nas redes de distribuição - Contribui para a diminuição de perdas de água.
- Elimina o baixo fator de potência
- A corrente do motor é controlada de forma suave, sem picos
- Utilizado para a partida e parada suave do motor
- Maior durabilidade das tubulações e motores
- Diminuição de transientes hidráulicos e elétricos
- Melhoria da qualidade do serviço de distribuição de água

Automação e otimização dos níveis de pressão nas redes com inversores de frequência



Alternativas para Geração de Energia Elétrica

- **Aproveitamento de Potenciais Energéticos**

- Sistemas Híbridos Sustentáveis (eólica, solar, etc). Em 2018 foram instalados painéis (usinas solares) no reservatório de Sobradinho, BA. Geração de 1 MW em 2019. A cobertura com os flutuadores reduz em 70% a evaporação do espelho d'água.
- Inserção de Turbinas (ou bomba/turbina) no sistema pressurizado.

USINA SOLAR FLUTUANTE SOBRE SOBRADINHO- 1ª ETAPA





**TECNOLOGIA INOVADORA CONVERTE POTENCIAIS
HIDRÁULICOS EM ENERGIA ELÉTRICA**

Alternativas para Geração de Energia Elétrica

- **Uso de geradores no horário de ponta**
 - Atuar nos horários de ponta.
 - Fonte geradora de energia que poderá ser acionada a qualquer momento, mantendo a instalação sempre em funcionamento.
 - Contribui com o funcionamento do sistema elétrico, reduzindo os picos de consumo.

Oportunidade de Negócio: Indicadores Econômicos de Projetos de Eficiência Energética (Brasil, 2007)

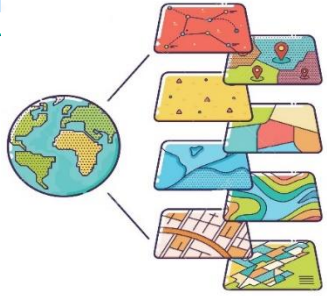
No.	Projeto	Pay Back (meses)
1	COMUSA - Novo Hamburgo/RS	8
2	COSANPA (Bolonha)	8
3	SABESP	14
4	COPASA	17
5	SANESUL	30
6	COSANPA (Utinga/São Brás)	15
7	CAEMA	22
8	EMBASA	24
9	SAAE - Guarulhos/SP	
10	CAESB	32
11	SAAE - Alagoinha/BA	34
12	SANEPAR (Pato Branco)	36

MODERNIZAÇÃO DA GESTÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

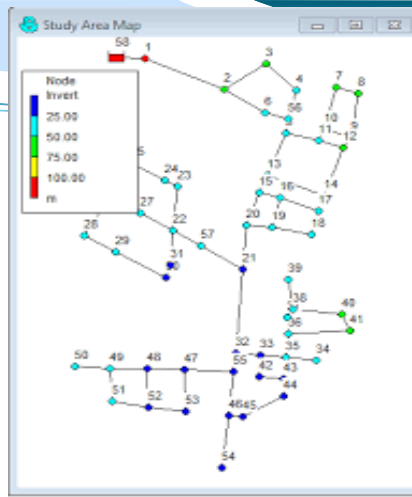
TECNOLOGIAS AVANÇADAS – ENGENHARIA 4.0

PROCESSOS AVANÇADOS DE GESTÃO

- **Cadastrros georreferenciados (GIS corporativo)**
- **Modelagem hidráulica de redes de água e esgoto**
- **Dimensionamento e operação de projetos de forma otimizada economicamente**
- **Automação e controle com inteligência artificial**
- **Controle dos sistemas em tempo real, com o emprego da internet das coisas (IoT)**



Cadastro com Sistema de informação geográfica



Modelagem hidráulica



Sensores de baixo custo

MODERNIZAÇÃO DA GESTÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTOS DE ÁGUA



Otimização, automação e controle com inteligência artificial



Redes de comunicação



Armazenamento nas nuvens

TECNOLOGIAS AVANÇADAS

- **Evoluem rapidamente**
- **Facilidade de acesso**
- **Custo relativamente baixo**
- **Ausência de fronteiras**
- **Necessitam de interação com o setor usuário**



OBRIGADO!

Heber Pimentel Gomes

heberp@uol.com.br