

## **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ATRAVÉS DA PASSAGEM DE PIG EM ADUTORAS DE ÁGUA BRUTA**

**Gustavo Rucks<sup>(1)</sup>**

Coordenador de Engenharia Eficiência Energética na Corsan/Aegea.

**Leandro Daniel Fonseca**

Especialista Eficiência e Tecnologia Sr na Aegea

**Matheus Melo dos Santos**

Especialista Eficiência e Tecnologia Jr na Aegea

**Sabrina Suelen de Assis Bilio**

Analista de Eficiência Energética Jr na Aegea

**Victor Veloso Vieira Ramos**

Estagiário na Aegea

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Caldas Jr, 120 – 18º andar – Centro Histórico – Porto Alegre - RS - CEP: 90010-260 - Brasil  
- Tel: +55 (51) 995 940 857 - e-mail: [gustavo.rucks@corsan.com.br](mailto:gustavo.rucks@corsan.com.br).

### **RESUMO**

Este trabalho técnico explora a eficiência energética através da passagem de PIG em adutoras de água bruta. A limpeza de adutoras com PIG (Pipeline Inspection Gauge) é uma técnica que remove incrustações nas tubulações, garantindo a qualidade da água transportada e reduzindo a resistência ao fluxo, o que diminui o consumo de energia necessário para o bombeamento. A análise é baseada em dados de consumo de energia das Estações de Bombeamento de Água e Esgoto (EABs) da CORSAN, identificando potenciais reduções de consumo de energia e custos operacionais. Além disso, culmina na elaboração de uma ferramenta de análise e determinação do retorno esperado a partir da passagem de PIG em cada uma das adutoras da empresa.

**PALAVRAS-CHAVE:** PIG, Eficiência Energética, Adutora

### **INTRODUÇÃO**

A eficiência energética é um aspecto crucial no setor de saneamento, especialmente devido à alta representatividade dos custos de energia nas operações de bombeamento de água e esgoto. As Estações de Bombeamento de Água e Esgoto (EABs) são responsáveis por uma parte significativa do consumo de energia elétrica, o que impacta diretamente os custos operacionais das empresas de saneamento.

A limpeza de adutoras com PIG (Pipeline Inspection Gauge) é uma técnica que pode contribuir significativamente para a melhoria da eficiência energética. Ao remover incrustações e obstruções nas tubulações, essa metodologia não apenas garante a qualidade da água transportada, mas também reduz a resistência ao fluxo, diminuindo o consumo de energia necessário para o bombeamento.

Este trabalho técnico visa explorar os benefícios da limpeza de adutoras com PIG, correlacionando-os com a eficiência energética nas EABs, e demonstrar como essa prática pode resultar em reduções significativas de consumo de energia e custos operacionais no setor de saneamento.

### **OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho é analisar o impacto da limpeza de adutoras com PIG na eficiência energética das EABs da CORSAN, identificando potenciais reduções de consumo de energia e custos operacionais. Além disso, culminará na elaboração de uma ferramenta de análise e determinação do retorno esperado a partir da passagem de PIG em cada uma das adutoras da empresa. Tal ferramenta é uma planilha que também serve para acompanhamento dos indicadores relacionados, como kWh/m<sup>3</sup> e o coeficiente C da tubulação, de modo a indicar o momento adequado do ponto de vista operacional e econômico para a nova limpeza da adutora.

## METODOLOGIA UTILIZADA

O Consumo Específico Normalizado (CEN) é uma medida da eficiência energética da adutora, calculado com base nas características da tubulação e do sistema de bombeamento. Para calcular o CEN, utiliza-se a equação 1:

$$CEN = \frac{100 \cdot E[kWh]}{V[m^3] \cdot AMT[mca]} \left[ \frac{kWh}{m^3(100m)} \right] \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

- $E$  é a energia consumida em kWh,
- $V$  é o volume de água bombeado em  $m^3$ ,
- $AMT$  é a altura manométrica total em metros de coluna de água (mca).

Após, podemos calcular o rendimento estimado da elevatória através da equação 2.

$$\eta = \frac{0,2725}{CEN} [\%] \quad \text{equação (2)}$$

No próximo passo precisamos do coeficiente  $C$  da tubulação, também conhecido como coeficiente de Hazen-Williams, que é uma medida da rugosidade interna da tubulação e influencia diretamente a perda de carga ao longo do sistema de bombeamento. Este coeficiente é essencial para determinar a eficiência do transporte de água através das adutoras. É calculado através da equação 3 a seguir, já com o coeficiente  $C$  isolado.

$$C = \left[ \frac{10,64 \cdot L \cdot Q^{1,85}}{(P_{saída} - H_{geo}) D^{4,87}} \right]^{1/1,85} \quad \text{equação (3)}$$

Onde:

- $P$  é a pressão de saída da adutora mca,
- $H_{geo}$  é o desnível geométrico que a tubulação precisa vencer em mca,
- $Q$  é a vazão em  $m^3/s$
- $L$  é o comprimento em m;
- $D$  é o diâmetro em m;

O coeficiente  $C$  varia de acordo com o material da tubulação e seu estado de conservação. Tubulações novas e lisas, como as de PVC, tendem a ter um coeficiente  $C$  mais alto, enquanto tubulações antigas e com incrustações, como as de ferro fundido, apresentam um coeficiente  $C$  mais baixo. A determinação do coeficiente  $C$  atual é feita através de medições e cálculos baseados nas características físicas da tubulação e nas condições operacionais.

O coeficiente  $C$  atual é comparado com um coeficiente  $C$  alvo, que é baseado no material da adutora. Esta comparação permite determinar a diferença de perda de carga entre o coeficiente  $C$  atual e o coeficiente  $C$  alvo.

Depois disso, a perda de carga é calculada tanto com o coeficiente  $C$  atual quanto com o coeficiente  $C$  alvo. A diferença entre essas perdas de carga indica a potencial economia de energia, como demonstrado na equação 4.

$$\Delta L = \frac{10,641 \cdot L \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,87}} \quad \text{equação (4)}$$

Onde:

- $\Delta L$  é a perda de carga da adutora em mca,
- $C$  é o coeficiente de Hazen Williams, atual ou alvo.
- $Q$  é a vazão em  $m^3/s$
- $L$  é o comprimento em m;
- $D$  é o diâmetro em m;

A partir da diferença da perda de carga com C atual versus C alvo, podem-se utilizar diversas formas para calcular a potência em kW que será economizada, da qual se pode facilmente multiplicar pelas horas de operação e obter o consumo em kWh. Esse consumo ainda não reflete a economia real de energia elétrica, pois é necessário aplicar o rendimento estimado da elevatória, conforme a seguir na equação 5.

$$E = \frac{9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \text{Horas}_{\text{operação}}}{\text{rend. elevatória}} \quad \text{equação (5)}$$

Onde:

- E é a energia que pode ser economizada, em kWh
- H é a diferença de perda de carga em mca entre o coeficiente C atual e coeficiente C alvo.
- Q é a vazão em m³/s

Finalmente, de posse do consumo real economizado, basta calcular a economia financeira aplicando a tarifa média de energia da unidade.

## RESULTADOS

Com a metodologia aplicada, chegou-se na planilha demonstrada em parte na figura 1, onde se pode monitorar o coeficiente C de todas as adutoras de água bruta da Corsan, elencando as melhores oportunidades de redução de consumo energético através da passagem de PIG.

Figura 1

| Equipamento                             | Hgeo (m) | H (mca) | Vazão (l/s) | Coef. C | Coef. C alvo | Hf atual | Hf Alvo | Saving (mca) | Saving (kW) | T.Oper. (horas/dia) | Saving (kWh) anual | Saving (R\$) anual |
|---|----------|---------|-------------|---------|--------------|----------|---------|--------------|-------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| EAB - EAB 01 - 20812591 - Alvorada      | 62       | 86      | 1480        | 71,68   | 120          | 24       | 9       | 15           | 216         | 24                  | 2.761.686          | R\$ 1.242.759      |
| EAB - EAB 01 - 3082167967 - Cruz Alta   | 55       | 100     | 200         | 104,72  | 120          | 45       | 35      | 10           | 19          | 24                  | 356.245            | R\$ 160.310        |
| EAB - EAB 01 - 65627679 - Camaquã       | 37       | 65      | 197         | 103,64  | 120          | 28       | 21      | 7            | 13          | 24                  | 174.005            | R\$ 78.302         |
| EAB - EAB 01 - 3095803318 - Dois Irmãos | 46       | 58      | 89          | 105,93  | 120          | 12       | 10      | 2            | 2           | 24                  | 51.666             | R\$ 23.250         |

Exemplo de resultados obtidos

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MANZI, D. *A Hidráulica de todo dia no saneamento*. Editora Apris. 1º ed. Curitiba
2. GOMES, H. P. *Eficiência hidráulica e energética no saneamento*. Editora ABES. 1º ed. São Paulo
3. NETO, A., FERNÁNDES Y FERNÁNDES, M. *Manual de Hidráulica*. Editora Edgar Blucher. 9º ed. São Paulo