

## Capítulo VII

# Eficiência energética em uma estação de tratamento de água

*Por Amilton Fabiano Oliveira, Daniel Cristovão Saraiva, Leonardo Henrique de Melo Leite e Arlete Vieira da Silva\**

Saneamento básico é um serviço que pode ser prestado por empresas públicas ou em regime de concessão por empresas privadas. Tais serviços são considerados essenciais, tendo em vista a necessidade imperiosa por parte da população, além da importância para a saúde de toda a sociedade e para o meio ambiente.

Na falta ou em condições precárias do saneamento básico, aliadas aos fatores socioeconômicos e cultural, estes são determinantes para o surgimento de infecções por enteroparasitoses, tendo as crianças o grupo que apresenta maior susceptibilidade a elas.

Nos países mais pobres ou em regiões mais carentes essas parasitoses tendem a ocorrer de forma endêmica e no Brasil figuram entre os principais problemas de saúde pública.

O sistema elétrico provedor do processo de tratamento e distribuição de água precisa estar em conformidade, operando ininterruptamente e da forma mais eficiente possível, produzindo ao máximo e ao menor custo.

Aproximadamente 70% do faturamento das empresas de saneamento são destinados a pagar pela energia elétrica consumida em bombeamentos, automações, iluminação, tratamento, entre outros. Dos custos com energia citados, o bombeamento de água desde a captação em lugares distantes até a distribuição para o cliente final é o principal e o

maior responsável destes gastos.

O setor de saneamento básico também se caracteriza por necessidade de um elevado investimento em obras e constantes melhoramentos, sendo que os resultados destes investimentos, na forma de receita de lucro, são de longa maturação.

Este conceito mostra que o saneamento básico é de suma importância para qualquer nação e os investimentos neste ramo devem ser constantes e estratégicos para que os serviços prestados sejam cada vez melhores e a preços competitivos no mercado e para a sociedade.

Atualmente, a Estação de Tratamento de Água Sistema Rio das Velhas (ETA SRV), gerenciada pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa-MG), tem uma demanda contratada junto à Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig) de aproximadamente 37.000 kW de energia elétrica mensais, que são utilizados, dentre outros, nos processos que envolvem bombeamento de água. Isso significa um custo de R\$ 2.800.000,00 mensais aos cofres do governo estadual.

A fim de minimizar estes custos e também dar segurança ao sistema, garantindo o crescimento vegetativo, paradas programadas para manutenção, paradas repentinas por falhas técnicas, falta de energia elétrica e também dar apoio a outros sistemas de abastecimento interligados, a

Copasa-MG investiu cerca de R\$ 60 milhões em um projeto de uso eficiente de energia utilizando as regras definidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) para as tarifas de consumo em horário de ponta e fora de ponta.

Neste contexto, este estudo analisa o novo sistema baseado no bombeamento de água fora do horário de ponta e o armazenamento de água em novos reservatórios instalados na ETA SRV, verificando se os resultados alcançados apresentaram-se mais eficientes do que os já utilizados no sistema tradicional.

### *Metodologia*

Alguns raciocínios nortearam a iniciativa e a evolução desta pesquisa. Considerando que se desejava avaliar o resultado de um projeto por meio de pesquisa e colhimento de dados, o trabalho se classifica como uma pesquisa experimental do tipo estudo de caso.

Este trabalho se refere a um estudo de caso das novas instalações do projeto de modernização da ETA SRV e seus impactos quanto à eficiência energética. Os procedimentos metodológicos foram iniciados pela elaboração do capítulo de referencial teórico, com a finalidade de nivelar o conhecimento dos pesquisadores sobre o tema em questão.

Os passos seguintes consistiram em coletar dados do processo convencional, do projeto proposto e do projeto efetivamente instalado. Os dados coletados foram analisados e tabulados em planilhas e gráficos síntese, destacando os pontos divergentes.

Para a análise do projeto executado foi necessária a observação de importantes itens do sistema de abastecimento como: comportamento de um sistema de tratamento de água durante a captação pela estação de água bruta (EAB), o tratamento na estação de tratamento (ETA) e o bombeamento desta água para o reservatório já existente pela elevatória de água tratada (EAT). Os seguintes dados foram coletados:

- Projeto da obra;
- Prognóstico de crescimento da população abastecida pelo sistema (crescimento vegetativo);
- Potência instalada em kW;
- Demanda contratada no horário de ponta em kW;
- Demanda contratada fora do horário de ponta em kW;
- Consumo de energia elétrica em kW/h no horário de ponta;
- Consumo de energia elétrica em kW/h fora do horário de ponta;
- Reserva de água existente;
- Valor total da obra;
- Nova potência instalada em kW;
- Nova demanda contratada no horário de ponta em kW;
- Nova demanda contratada fora do horário de ponta em kW;
- Novo consumo de energia elétrica em kW/h no horário de ponta;
- Novo consumo de energia elétrica em kW/h fora do horário

de ponta;

- Nova reserva de água existente;
- Cálculo da economia na fatura de energia elétrica junto à concessionária.

Ao final destes passos, verificou-se a viabilidade do projeto, comparando-se os dados coletados com os valores de custo para a instalação do processo convencional e do projeto de otimização, relacionado ao conjunto de energia elétrica e eficiência energética.

### Resultados e discussão

#### Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas localiza-se nos municípios de Ouro Preto, Itabirito, Rio Acima e Nova Lima. Drena área de, aproximadamente, 1.700 km<sup>2</sup> até a captação do Sistema Rio das Velhas, em Nova Lima.

O sistema Rio das Velhas está localizado no distrito de Bela Fama, em Nova Lima, e é o maior e o mais estratégico sistema produtor de água da região metropolitana de Belo Horizonte. Responsável pelo fornecimento de água tratada para 43% da população da RMBH, o sistema produz uma média de 470 milhões de litros/dia, que abastecem Belo Horizonte, Nova Lima, Raposos, Sabará e Santa Luzia.

Em síntese, o sistema de produção Rio das Velhas é constituído pelas seguintes partes:

- Captação;
- Estação Elevatória de Água Bruta (Baixo Recalque) – EAB;
- Adutora de Água Bruta;
- Estação de Tratamento de Água – ETA;
- Adutora de Água Tratada – 1º Trecho;
- Estação Elevatória de Água Tratada (Alto Recalque) – EAT;
- Adutora de Água Tratada – 2º Trecho;
- Túnel-Reservatório;
- Subestações elétricas.

A captação do sistema Rio das Velhas é classificada como do tipo superficial, localiza-se no distrito de Bela Fama, município de Nova Lima. Nos últimos anos, a Copasa-MG destaca que o Rio das Velhas apresentou próximo à captação as seguintes vazões hidrológicas:

- Mínima: 10 m<sup>3</sup>/s
- Média: 14 m<sup>3</sup>/s
- Máxima: 885 m<sup>3</sup>/s

Próxima à captação está instalada a Elevatória do Baixo Recalque (EBR), dotada de nove poços de sucção sob o piso. Com capacidade nominal instalada de 10 m<sup>3</sup>/s, o recalque é realizado com a ajuda de nove conjuntos moto-bomba, de

eixo vertical, com tubulação de sucção em aço de  $\phi$  600 mm e de recalque de  $\phi$  800 mm, elevando a água a uma altura geométrica de 26,7 m e manométrica de 28 m.c.a. até a Estação de Tratamento de Água (ETA).

Conforme mostra a Tabela 1, os motores das bombas estão divididos em dois grupos e futuramente está prevista a instalação de um terceiro. Estes são alimentados por duas subestações elétricas de 13,8 kV e que possuem três transformadores de 12,5 MVA cada. Deste ponto a água bruta é conduzida em duas canalizações paralelas em aço, com diâmetro de 1.800 mm, extensão de 800 m cada, para a ETA. A ETA desse sistema é do tipo convencional que consiste na medição de vazão, aplicação de produtos químicos (cal, cloro férrico ou sulfato de alumínio), misturadores rápidos (coagulação), floculação mecanizada, decantação, filtros descendentes, desinfecção (cloração), fluoretação e correção de pH.

A água tratada é levada por gravidade em uma adutora de 3.330 m de canalização, sendo 3.072 m em concreto armado e 258 m em aço, diâmetro de 2.400 mm para a chamada Elevatória do Alto Recalque (EAR), ilustrada na Figura 1, onde fica armazenada em um reservatório de compensação, em concreto armado com capacidade de 9.000 m<sup>3</sup>. Esta estação abriga ainda a subestação elétrica e a casa de máquinas.

A subestação elétrica principal do sistema produtor do Rio das Velhas, localizada junto à EAR, e com capacidade instalada de 37,5 MVA, recebe a energia da subestação da concessionária Cemig de Nova Lima, por meio de uma linha de transmissão de 138 kV de propriedade da Copasa-MG.

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DOS MOTORES DO BAIXO RECALQUE

MOTORES	CARACTERÍSTICA
Unidades 1 a 5	Constituído de bombas centrífugas com vazão nominal de 750 l/s e motores assíncronos com potência de 750 cv, alimentados com tensão nominal em 440Vca, acionados através de Softstarter. Rendimento das bombas de modelo 24QL19 $\approx$ 75 %, rotor de bronze.
Unidades 6 a 9	Constituído de bombas centrífugas com vazão nominal de 1500 l/s e motores síncronos com potência de 750 cv, alimentados com tensão 2600Vca, acionados através de partida direta. Rendimento das bombas de modelo 28HH1200 $\approx$ 80 %, rotor de bronze.
(Futura Unidade 10)	Será constituída de uma bomba centrífuga com vazão nominal de 1500 l/s, motor síncrono com potência de 750 cv, alimentado com tensão nominal de 2600V e acionado através de partida direta.



**Figura 1 – Estação elevatória de água tratada.**

A subestação principal fornece energia que supre a EAR e por linha de transmissão interna de 3.900 m supre toda ETA e a EBR. Possui três transformadores trifásicos com potência de 12,5 MVA (com ventilação forçada), dois com relação de 138 kV / 6,6 kV e um com 138 kV / 13,2 kV / 6,6 kV.

Existe ainda neste pátio uma subestação elétrica elevadora de 6,6 kV / 13,8 kV, com a finalidade de alimentar a linha de transmissão para a ETA e EBR com dois transformadores de 3 MVA, relação 6,6 kV / 14,4 kV.

Com capacidade nominal instalada de 6,75 m<sup>3</sup>/s, a estação elevatória do alto recalque é constituída de nove conjuntos com bombas centrífugas de eixo horizontal, com tubulação de sucção em aço de Ø 400 mm e de recalque de Ø 600 mm, para 750 l/s cada. Conforme mostra a Tabela 2, os motores das bombas estão divididos em três grupos. Estes motores tocam diretamente as bombas que elevam a água a uma altura geométrica de 190 m e manométrica de 195 m.c.a. até a caixa de transição (“stand-pipe”).

#### **Periodicidade de bombeamento de água**

De acordo com a Copasa-MG, a periodicidade de

**TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DOS MOTORES DO ALTO RECALQUE**

MOTORES	CARACTERÍSTICA
Unidades 1 a 5	Constituído de bombas centrífugas com vazão nominal de 1500 l/s e motores síncronos com potência de 2637 cv, em 6600Vca, acionados a através de partida com chave compensadora. Rendimento das bombas de modelo 24QL19 ≈ 83 %, rotor de bronze.
Unidades 6 a 9	Constituído de bombas centrífugas com vazão nominal de 1500 l/s e motores síncronos com potência de 2637 cv, tensão nominal em 6600Vca, acionados a através de partida com chave compensadora. Rendimento das bombas de modelo 24QL19 ≈ 83 %, rotor de bronze.
Unidades 10 e 11	Constituído de bombas centrífugas com vazão omlnal de 1500 l/s e motores síncronos com potência de 5578 cv, tensão nominal em 13200Vca, acionados a através de partida direta. Rendimento das bombas Worthington modelo 16LNH27 ≈ 80 %, rotor de bronze.

bombeamento entre os recalques se dá da seguinte forma: da captação para o baixo recalque, e do baixo recalque para o alto recalque no horário de ponta (HP), seis bombas são ligadas refletindo em 6.000 l/s de vazão. No horário fora de ponta (HFP) são ligadas 11 bombas no total, equivalente a 8.250 l/s de vazão.

No bombeamento de água do alto recalque para os reservatórios, durante o horário de ponta (HP), são acionadas sete bombas, o que reflete em 5.250 l/s de vazão. No horário fora de ponta (HFP), são ligadas nove bombas, que equivalem a 6.750 l/s de vazão.

Em fevereiro de 2013, a média de demanda da RMBH foi de 6.154,6 l/s e este valor pode variar entre 3.840 l/s e 7.780 l/s dependendo do clima, enquanto o limite máximo de exploração do Rio das Velhas equivale a 8.250 l/s.

#### **Projeto do novo sistema**

Desde a sua implantação, em 1969, pela primeira vez, o sistema de produtor Rio das Velhas estava passando por uma reforma de modernização, envolvendo recursos da ordem de R\$ 140 milhões. Deste valor, R\$ 60 milhões são recursos destinados à modernização dos sistemas elevatórios, pois, como dito anteriormente, são os principais responsáveis pelo consumo de energia na ETA.

As obras incluem, entre outros quesitos, a substituição de toda a parte elétrica do sistema, visando atender à Norma de Regulamentação nº 10 (NR 10), e melhoria significativa dos custos com energia elétrica por seu uso eficiente.

A concepção técnica básica de início de projeto previa três etapas que deveriam ser executadas em três anos:

1ª etapa – Construção de oito filtros ETA, oito decantadores ampliando em 50% a capacidade de tratamento, automatização do sistema.

2ª etapa – Conclusão do atual baixo recalque.

3ª etapa – Conclusão da 2ª etapa e instalação de um novo transformador, um novo motor no baixo recalque e também no alto recalque.

A empresa afirma ainda que a captação de água bruta passou por uma completa reforma predial. Além disso, foi instalada uma nova peneira rotativa para evitar o arraste de materiais grosseiros para o conjunto moto-bomba. Na elevatória de água bruta, foi instalado também outro conjunto moto-bomba, com capacidade para bombear mais de 1.500 litros de água por segundo.

Já na Estação de Tratamento de Água (ETA) foram construídos mais dois módulos de tratamento, compostos por oito floculadores, dois decantadores e oito filtros, resultando na ampliação de 50% da capacidade de tratamento da ETA. Ainda entre as obras será construída uma Unidade de Tratamento de

Resíduos (UTR) para tratamento do lodo gerado na ETA, que será depositado em um aterro sanitário.

Esta unidade será a segunda UTR instalada em uma estação de tratamento de água de grande porte na RMBH – a primeira está em funcionamento no Sistema Rio Manso, localizado no

município de Brumadinho.

Na elevatória de água tratada também foram instalados mais três conjuntos moto-bombas, conforme esquema unifilar representado na Figura 2. O projeto prevê a construção de dois reservatórios com capacidade para armazenar 32 milhões de

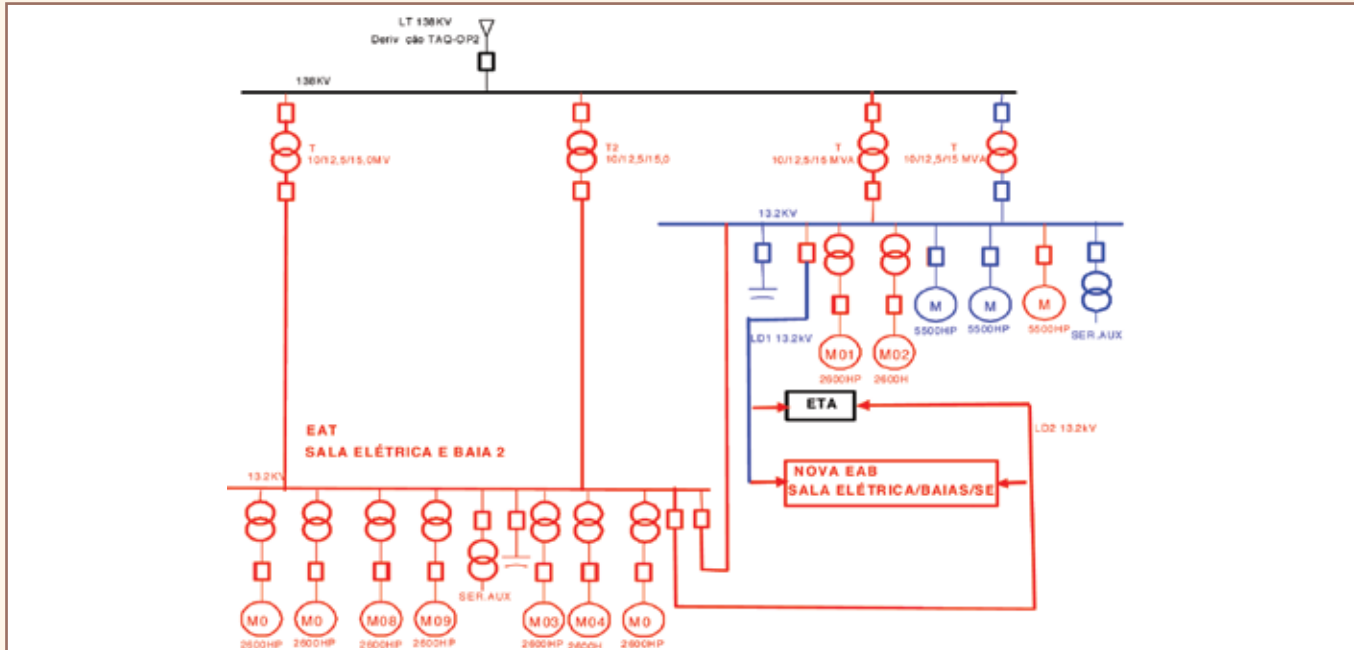


Figura 2 – Unifilar alto recalque conjunto moto-bomba.

litros de água conforme desenho esquemático representado na Figura 3, permitindo, dessa forma, o armazenamento de água para distribuição em horários de ponta, em que o uso da energia elétrica com o bombeamento será reduzido. Estas obras significam um grande ganho ambiental para o Rio das Velhas e vão garantir, com mais segurança, o abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte, durante 24 horas por dia.

No entanto, para que esta nova concepção de produção em horários fora de ponta possa ser julgada como eficiente, do ponto de vista econômico, a alteração do pacote de energia contratado junto à Cemig é indispensável.

Apesar de não ser objeto deste estudo, cabe informar que, de acordo com a estatal, o projeto ainda inclui a automação de todo o sistema Rio das Velhas, com a instalação de um Centro de Operação Regional (COR), interligado ao Centro de Operação dos Sistemas (COS), localizado na unidade Regional da empresa, no bairro Santo Antônio, em Belo Horizonte.

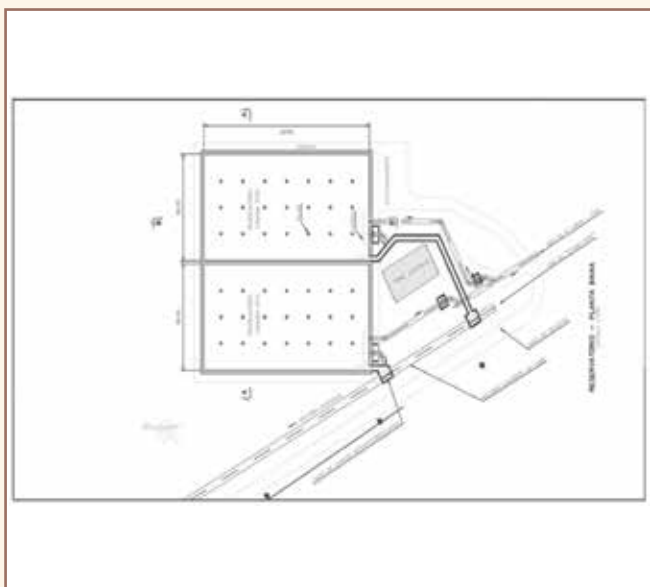


Figura 3 – Reservatório (parte da planta baixa).

A ETA SRV tem contrato com a concessionária Cemig, regendo que a classificação da unidade consumidora seja de serviço público, sendo assim, são descontados 15% no valor da energia na tarifação. A medição é THS Azul A2, fazendo que a tarifa tenha valores bem diferentes para os horários dentro e fora da ponta.

De acordo com o gráfico representado na Figura 4, o consumo de energia elétrica já constitui a maior parte dentre os custos com a operação do sistema produtor Rio das Velhas.

Este elevado consumo de energia se deve a dois fatores importantes no processo de produção de água tratada: ao elevado consumo de energia elétrica no bombeamento da água entre os recalques, do alto recalque para o reservatório, e ao horário em que ocorre o bombeamento.

Para que o projeto proposto atendesse às necessidades de

produção do sistema, e em paralelo não ultrapasse os limites de demanda contratada e energia ativa, uma comparação entre algumas situações é necessária.

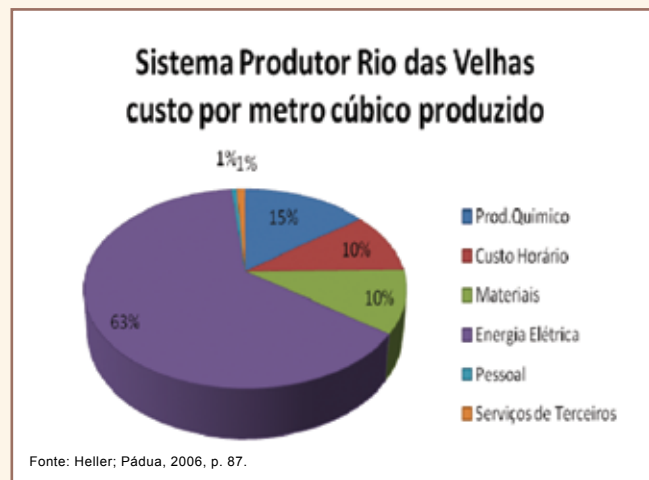


Figura 4 – Custo operacional, produção de água tratada.

#### Cenário 1 – Produção de 6.000 l/s em horário de ponta

A primeira situação a ser analisada é a utilização da energia no modelo tradicional, ou seja, utilizando conforme necessidade em HFP e em HP. Pode-se observar que o consumo principal de energia está concentrado em HFP, 87% da energia consumida (itens 1 e 3 da Tabela 3).

Difícilmente este percentual pode ser reduzido para se conseguir alguma economia, porém, esse benefício pode se prover por meio da redução do consumo em HP com a redução do bombeamento neste horário e com o bombeamento de água em HFP para armazenamento nos novos reservatórios.

Além dos valores de consumo de HFP, a Tabela 3 mostra o consumo de energia em HP. No caso analisado nessa tabela, os valores de HP contabilizados fazem menção ao bombeamento de água referente à vazão de 6.000 l/s. Nesta situação é analisado o consumo de energia em HP (itens 2 e 4) com o bombeamento de 6.000 l/s no respectivo horário, que em valores correspondem a R\$ 926.829,29 (29% do valor total do custo com energia). Como pode ser observada, a diferença entre os valores das tarifas de demanda ativa em HFP e HP, bem como os valores das tarifas de energia ativa em HFP e HP são demasiadamente incompatíveis. Uma diferença de 600% para a demanda e de 150% para a energia.

A Tabela 3 mostra os valores da conta de energia da ETA SRV do mês de maio de 2010. Essa tabela demonstra como estava estruturado o consumo de energia na estação.

Estes valores podem ser melhor analisados pelo gráfico representado na Figura 5, indicando a proporcionalidade de cada um com a tarifação de energia.

Conhecido os valores de consumo envolvidos em ambos os horários, pode-se projetar o remanejamento dos horários de produção. Isso quer dizer produzir um pouco mais em HFP e armazenar para distribuição de acordo com a demanda, além

de reduzir a produção em horários cujo valor da energia seja mais elevado.

**TABELA 3 – VALOR DA CONTA DE ENERGIA REFERENTE A MAIO DE 2010**

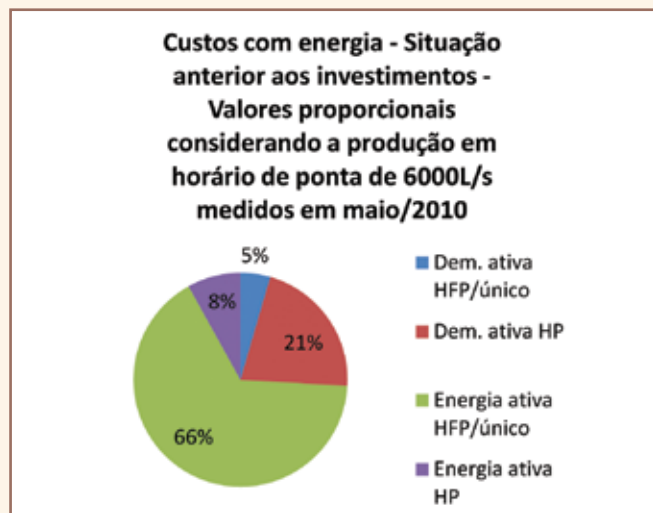
ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	TARIFA/PREÇO R\$	VALOR R\$
1	DEM. ATIVA HFP/ÚNICO (kW)	20,88	6,773	141.420,24
2	DEM. ATIVA HP (kW)	16.589	40,603	673.563,17
3	ENERGIA ATIVA HFP/ÚNICO (kW/h)	10.314.043	0,201	2.073.122,64
4	ENERGIA ATIVA HP (kW/h)	806.58	0,314	253.266,12
5	SUBTOTAL			3.141.372,17
6	DESCONTO 15%			471.205,83
7	TOTAL			2.670.166,34

HP: Horário de ponta

HFP: Horário fora de ponta

kW: Kilowatts

kW/h: Kilowatts hora



**Figura 5 – Custos com energia para 6.000 l/s em HP.**

Para se obter a otimização no horário funcional da ETA, todo este investimento exige do sistema um regime de funcionamento criterioso, que leva a estação de tratamento a produzir em plena carga fora do horário de ponta, principalmente entre 23h e 5h, quando o consumo é menor. O objetivo é encher os reservatórios com capacidade de 32 milhões de litros de água.

Com esta estratégia, a expectativa da empresa é diminuir ao máximo a produção durante as três horas diárias consecutivas do horário de ponta, exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais. Esta estrutura tarifária de horário de ponta é escolhida pela concessionária de energia entre 19h e 22h.

### **Cenário 2 – Produção de 1.500 l/s em horário de ponta**

Projetando um novo cenário de economia, produzindo em HP 1.500 l/s ao invés de 6.000 l/s, a Tabela 4 traz a análise da redução dos custos. Essa redução é possível levando em conta o aumento da produção nas horas com a tarifa reduzida e com diminuição da produção no período horo sazonal com tarifa de maior valor. Neste

cenário, foi considerada a redução do pacote de demanda ativa em HP de 16.589 kW para 7.500 kW, o aumento da produção em HFP, traduzindo no acréscimo de energia ativa da ordem de 354.960 kW/h e, conseqüentemente, na redução do mesmo valor na tarifação da energia ativa em HP.

É relevante frisar que este cenário não remete necessariamente a uma redução da produção com o intuito de economizar, mas sim de um remanejamento do regime de funcionamento dos principais equipamentos responsáveis pelo consumo de energia. Pode-se avaliar que nesta projeção o custo total com energia reduziu significativamente em 14%. Quantitativamente, isso quer dizer uma economia mensal média de R\$ 360 mil e de R\$ 4,32 milhões anuais. Com esta base é possível projetar o tempo de retorno do investimento de R\$ 60 milhões em aproximadamente 13 anos.

Os novos valores de cada tarifa podem ser mais bem avaliados pelo gráfico representado na Figura 6, indicando a proporcionalidade de cada um com a tarifação de energia.

**TABELA 4 – PROJEÇÃO DE VALORES CONSIDERANDO REDUÇÃO DE 6.000 L/S PARA 1.500 L/S HP**

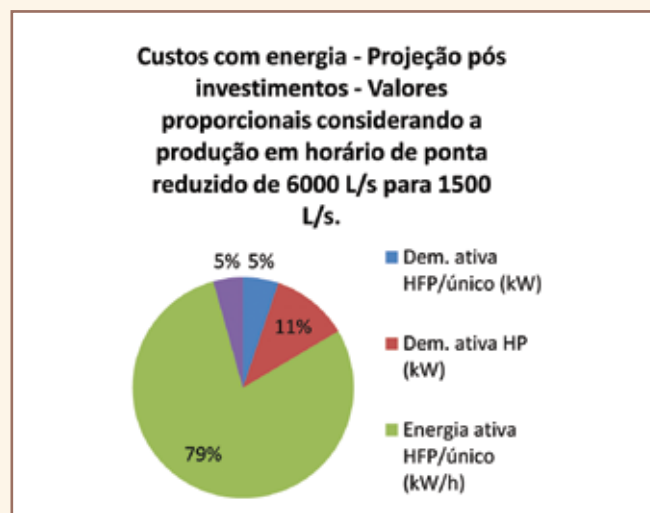
ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	TARIFA/PREÇO R\$	VALOR R\$
1	DEM. ATIVA HFP/ÚNICO (kW)	20.880	6,773	141.420,24
2	DEM. ATIVA HP (kW)	7.500	40,603	304.522,50
3	ENERGIA ATIVA HFP/ÚNICO (kW/h)	10.669.003	0,201	2.144.469,60
4	ENERGIA ATIVA HP (kW/h)	375.143	0,314	117.794,90
5	SUBTOTAL			2.708.207,25
6	DESCONTO 15%			406.231,09
7	TOTAL			2.301.976,16

HP: Horário de ponta

HFP: Horário fora de ponta

kW: Kilowatts

kW/h: Kilowatts hora



**Figura 6 – Projeção pós investimentos – reduzindo de 6.000 l/s para 1.500 l/s.**

Considerando o desenvolvimento da empresa por meio do crescimento vegetativo e novas concessões para abastecimento de outras cidades, os lucros conquistados com a otimização energética diminuirá com o aumento do tratamento de água no horário de ponta conforme foi apresentado na Tabela 4 e no gráfico representado na Figura 6.

Essa redução dos lucros será compensada com o faturamento nas contas de água dos novos clientes da empresa e com o que ainda restar de consumo para alcançar a demanda total em litros por segundo na ponta como era antes da obra, e assim até a saturação da ampliação feita.

Ao longo do tempo, devido à expansão do setor industrial, o aumento da demanda por água em núcleos urbanos e o aumento do volume de perdas de água em muitos sistemas de abastecimento, fruto este da obsolescência de redes e de baixos investimentos, os 1.500 l/s projetados no cenário 1 podem não ser suficientes.

Um novo cenário se faz necessário projetar. Este seria um valor intermediário entre os demais apresentados nos demais cenários, pois se deve considerar, além dos fatores citados, uma sobredemanda imediata.

Projeta-se uma situação em que, em horário de ponta, a água armazenada seja insuficiente e os 1.500 l/s avaliados no cenário 2 não serão capazes de satisfazer o consumo imediato.

### **Cenário 3 – Produção de 2.250 l/s em horário de ponta**

Novamente, projeta-se um novo cenário de economia, produzindo em HP 2.250 l/s ao invés de 6.000 l/s. A Tabela 5 traz a análise da redução dos custos. Essa redução também só é possível levando em conta o aumento da produção nas horas com a tarifa reduzida e com a diminuição da produção no período horo sazonal com tarifa de maior valor, porém em proporções menores comparativamente ao cenário 2.

Nesta situação, foi considerada a redução do pacote de demanda ativa em HP de 16.589 kW para 10.500 kW, o aumento da produção em HFP, o que traduz no acréscimo de energia ativa da ordem de 354.960 kW/h comparado ao cenário 1 e, conseqüentemente, na redução do mesmo valor na tarifação da energia ativa em HP. No caso da produção de 2.250 l/s em HP, o custo com energia ativa neste horário tende a aumentar não tanto como a situação de 6.000 l/s, mas não se reduz como o verificado quando se projeta a produção de 1.500 l/s.

Observa-se que, nesta projeção, o custo total com energia reduziu também em significativos 8,24%. Quantitativamente isso quer dizer uma economia mensal média de R\$ 220 mil e R\$ 2,6 milhões anuais. Com esta base é possível projetar o tempo de retorno do investimento de R\$ 60 milhões em aproximadamente 23 anos, mesmo considerando a crescente demanda.

Os novos valores de cada tarifa podem ser melhor avaliados pelo gráfico representado na Figura 7, indicando a proporcionalidade de cada um com a tarifação de energia.

**TABELA 5 – PROJEÇÃO DE VALORES CONSIDERANDO A REDUÇÃO DE 6.000 L/S PARA 2.250 L/S HP**

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	TARIFA/PREÇO R\$	VALOR R\$
1	DEM. ATIVA HFP/ÚNICO (KW)	20.880	6,773	141.420,24
2	DEM. ATIVA HP (KW)	10.500	40,603	426.331,50
3	ENERGIA ATIVA HFP/ÚNICO (KW/H)	10.669.003	0,201	2.144.469,60
4	ENERGIA ATIVA HP (KW/H)	542.000	0,314	170.188,00
5	SUBTOTAL			2.882.409,34
6	DESCONTO 15%			432.361,40
7	TOTAL			2.450.047,94

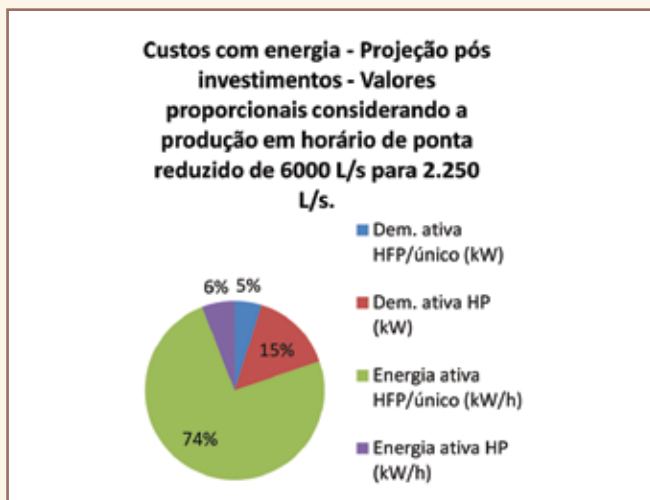
HP: Horário de ponta

HFP: Horário fora de ponta

KW: Kilowatts

KW/h: Kilowatts hora

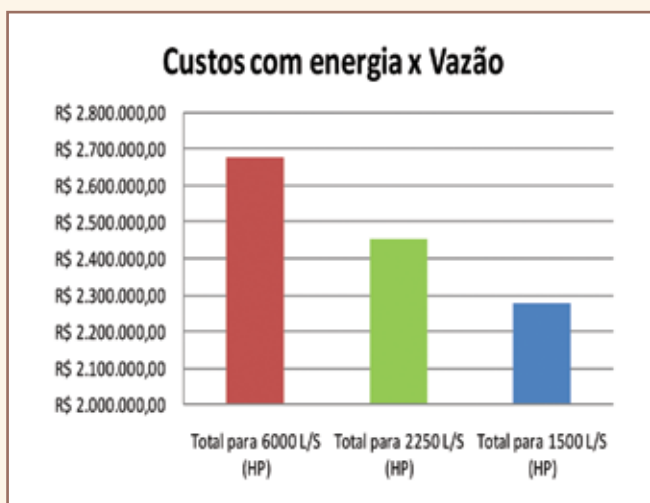




**Figura 7 – Projeção pós-investimentos, reduzindo de 6.000 l/s para 2.250 l/s.**

Os dados apresentados nestes três cenários mostram que a operacionalidade de um sistema de tratamento de água é complicada principalmente quando se trata de energia elétrica, porém, qualquer atuação na tentativa de otimização de processos para economia de energia é bem-vinda. No objeto deste estudo, todo o investimento realizado prevê a:

- redução de cerca de R\$ 4 milhões ao ano no custo com energia elétrica;
- redução de R\$ 340 mil ao ano no custo com manutenção;
- redução considerada no custo com produtos químicos;
- redução de R\$ 1,4 milhão ao ano no custo com perda de faturamento por desabastecimento (paralisações durante o ano);
- possibilidade de aumentar a produção em até 55%, em relação ao que era antes da idealização do projeto e, conseqüentemente, o respectivo faturamento.



**Figura 8 – Economia com os investimentos.**

Cabe ainda salientar que existem fatores que precisam ser considerados como, por exemplo, o aumento vegetativo. O aumento no consumo de água por conta de novas ligações e concessões para abastecimento de outras cidades diminuirá gradualmente com os custos evitados com a energia elétrica, conforme aponta o gráfico representado na Figura 8, porque aumentará a produção no horário de ponta. Este problema será resolvido com o faturamento no fornecimento da água para outros clientes e novos investimentos com novos reservatórios e bombeamentos.

### **Situação atual do projeto**

De acordo com a Copasa-MG, nem todo equacionamento da obra na ETA SRV que atende à Região Metropolitana de Belo Horizonte está concluído. Este investimento, que representaria um grande processo de planejamento estratégico e gerenciamento tecnológico até o presente momento não resultou em melhorias significativas devido a fatores como:

**Atraso na execução do projeto:** o prazo contratual para implantação do programa, iniciado em agosto de 2007, era de três anos, quando se deveria estar concluído, em Nova Lima. O tempo de três anos passou para sete anos.

**Obras inacabadas:** as obras citadas, que garantiria a total otimização adequação perfeita do moderno sistema de abastecimento de água, não estão 100% finalizadas.

**Projetos inadequados e erros na execução:** falta de alguns estudos e falhas nas obras contratadas sem projeto.

**Decisões política e econômica:** mudanças no planejamento dos recursos destinados ao projeto de infraestrutura sanitária do sistema de abastecimento de Belo Horizonte tiveram como consequência adiamentos de obras e tais situações fizeram que o sistema passasse por uma nova adequação.

Além desses fatores, a parte técnica básica de início de projeto que previam duas etapas não ocorreu e, conseqüentemente, vários fatores agravantes resultaram em mudança de projeto e grande atraso nas obras.

A construção técnica básica da primeira etapa foi concluída com êxito, no entanto, a segunda etapa não ocorreu totalmente como o esperado. Do projeto que previa a construção de dois reservatórios com capacidade para armazenar 32 milhões de litros de água, somente um foi construído em Nova Lima, no bairro Mingu e, atualmente, opera da seguinte forma: o tempo médio para encher por completo este reservatório, que retém uma grande capacidade de água, é de aproximadamente cinco horas e quarenta minutos tomando como vazão de entrada 1.700 l/s, em contrapartida, com uma vazão de saída de 3.000 l/s. O tempo médio para esvaziá-lo completamente é de

aproximadamente três horas.

Na segunda etapa de implantação, os recursos financeiros até então destinados para a instalação de um novo transformador e um novo motor de 4.000 kW no baixo e alto recalque e parte da finalização da automação do sistema não ocorreram.

Recentes dados indicam que o volume captado diariamente na estação é tão grande (300 bilhões de litros) que, analogamente, daria para encher 586 ginásios do Mineirinho, na Região da Pampulha, na capital, considerando a estrutura do estádio como uma caixa d'água. Devido a este crescente aumento de consumo nos últimos anos, hoje não se pode mais esvaziar o reservatório de 32 milhões de litros de água. Este fato é a consequência de não conseguir restabelecer a tempo o nível considerado apropriado para o abastecimento da Grande Belo Horizonte. Por isso, o contrato junto à Cemig não foi modificado como proposto no projeto, o pacote de demanda ativa continua inalterado devido ao receio da empresa em sua ultrapassagem, caso o referido pacote de energia contratado estivesse conforme o proposto no projeto.

De acordo com a Copasa-MG, o consórcio Orteng-Sonel, que venceu a licitação de parte do projeto, retomará no corrente ano as obras e serviços que faltaram na adequação dos sistemas elétricos de potência, de proteção e controle, bem como das estruturas civis das unidades operacionais da ETA SRV. A ordem de serviço para a execução do término da segunda etapa já foi assinada pelas partes envolvidas e a previsão é de que a obra seja finalizada em 2014.

A empresa afirma que tem o alcance capaz de satisfazer, seguramente, às necessidades de abastecimento dos próximos anos, mas está ciente que não atendeu às condições de otimização adequadas de acordo com o que foi proposto nos estudos do projeto, isto como efeito das falhas ou erros na concepção dos prazos na construção da obra trazendo como consequência a não diminuição da demanda contratada em kW perante a concessionária de energia.

Ainda a companhia explica que, devido aos contratemplos, a viabilidade do sistema tornou-se instável, entretanto, de acordo com os níveis diários de consumo atuais, pode-se trabalhar com apenas quatro moto-bombas em horário de ponta e o armazenamento está sendo feito no novo tanque instalado, o que significa uma economia diária de aproximadamente R\$ 2 mil, equivalente a uma economia de R\$ 720 mil por ano.

Com todos os dados levantados e analisados torna-se trivial a comparação e avaliação dos resultados considerando os diversos cenários. Por meio da Tabela 6, pode-se aferir o quanto, na atual situação, o projeto contribui com a

economia de energia na empresa e ainda é possível avaliar o período de payback, considerando o investimento da ordem de R\$ 60 milhões.

**TABELA 6 – ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL (COMPARAÇÃO PROJETO X REAL)**

SITUAÇÃO	VALOR DA CONTA DE ENERGIA	REDUÇÃO % DO VALOR DE 2010	ECONOMIA MÉDIA MENSAL	ECONOMIA MÉDIA ANUAL	PERÍODO DE PAYBACK (ANOS)
PRÉ-INVESTIMENTOS (MAIO/2010)	2.670.166,34	-	-	-	-
PROPOSTA 1 1500 L/s EM HP	2.301.976,16	14%	368.190,00	4.418.280,00	13
PROPOSTA 2 2.250 L/s EM HP	2.450.047,94	8%	220.118,00	2.641.416,00	22
SITUAÇÃO ATUAL (MARÇO/2013)	2.610.270,25	2%	60.000,00	720.000,00	86

Verificando os valores da Tabela 6, fica evidenciado que, na atual situação, os investimentos feitos nas melhorias não se justificam, pois o tempo de retorno do capital envolvido é de longo prazo, tempo este que pode aumentar se considerada a projeção de crescimento da população da região metropolitana de Belo Horizonte, que, em abril de 2013, estava em aproximadamente 1% ao ano. Devem-se levar em consideração os custos com manutenção dos equipamentos envolvidos no sistema, que inviabilizaria ainda mais as benfeitorias. Porém, se o sistema estivesse adequado e operando de forma a bombear 1.500 l/s ou 2.250 l/s durante HFP, os períodos de 13 e 22 anos, respectivamente, mostrar-se-iam viáveis, mesmo se levado em consideração o crescimento populacional previsto para os próximos 20 anos.

### Conclusão

O acompanhamento dos resultados mostrados no capítulo anterior permite concluir que os investimentos realizados tiveram como foco a utilização da energia em horários estratégicos, com a finalidade de conquistar resultados financeiros satisfatórios para a companhia, assim como a segurança operacional na produção. Porém, este estudo de caso apontou a vulnerabilidade e as irregularidades diagnosticadas, que impossibilitaram parcialmente que as metas de redução propostas nos estudos técnicos do projeto pudessem ser alcançadas.

A visão panorâmica dos pesquisadores depois de finalizadas todas as etapas de pesquisa é que, quando são executadas obras de grande porte associados com estudos técnicos, prazos precisam ser rigorosamente cumpridos sem falhas a fim de garantir a viabilidade de um processo. Pode-se afirmar que não houve significativo impacto na redução dos custos com energia elétrica na atual conjuntura do sistema, bem como a energia utilizada não está sendo feita de forma eficiente como propõem os estudos técnicos e que, nesta situação, as melhorias realizadas não se justificam do ponto de vista financeiro, em virtude do delongado período de retorno.

No projeto de análise deste estudo de caso, é notório que

as falhas no planejamento e o processo de utilização de recurso público contribuíram significativamente para a inviabilidade do sistema de não conseguir compactar de forma adequada os prazos pré-determinados de linhas de produção.

É importante ressaltar que fatores como, por exemplo, aumento vegetativo, consumo de água, as novas concessões e os processos burocráticos de obras resultaram no aumento da produção no horário de consumo de ponta, acarretando em uma drástica mudança na concepção logística do sistema.

Em vista disso, como em qualquer sistema de produção, também os trabalhos que a tangenciam não podem enfatizar somente os prejuízos causados de não cumprirem com o que se deveria esperar.

Entretanto, como se pode observar, ainda assim os referidos guias mostraram certa economia, porém muito aquém do planejado para o sistema e com muita pouca flexibilidade.

É possível imaginar um novo cenário em que seja levado em consideração o planejamento do projeto e recursos, que efetivamente poderia trazer os resultados esperados pela empresa e, por consequência, para a população que a cada dia demanda maior consumo de água tratada.

Ainda levando em conta o que propunha o projeto inicial e comparando com os resultados alcançados, permite-se supor como verdadeira a hipótese de que é possível obter resultados melhores com o novo sistema de produção, bombeamento e armazenamento de água se este for comparado ao sistema de regime de funcionamento convencional utilizado em outras ETAs.

Ressalta-se que a pretensão desta pesquisa foi oferecer um ponto de vista crítico que, em conjunto com outros, possa melhor municiar o gestor ou o pesquisador interessado na matéria. Devido ao grau de importância demonstrado pela metodologia e resultados, espera-se que esta pesquisa possa contribuir na procura do uso eficiente da energia e do abastecimento de água com caráter sustentável e venha a facilitar o gestor a planejar, gerenciar, identificar onde agir para a obtenção dos melhores resultados possíveis em um projeto como o do foco desta análise.

O presente trabalho de pesquisa apresenta suas conclusões baseadas nos resultados e nas análises dos atuais valores alcançados até a atual fase do projeto. No caso de uma possível continuidade do trabalho, seja para a ETA SRV ou para outras unidades de tratamento de água, aconselha-se uma análise ainda mais criteriosa sobre a gestão do projeto a ser analisado, bem como as individualidades de cada estação de tratamento de água.

Não obstante, recomenda-se acompanhar as próximas etapas de finalização do projeto, novamente comparar com os valores do sistema tradicional, bem como acompanhar se a revisão do contrato de fornecimento de energia com a concessionária local é possível, mesmo com o aumento de demanda na RMBH. Tais procedimentos ficam recomendados para a continuação da linha de pesquisa.

## Referências

- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução n. 456, de 29 de novembro de 2000. Brasília/DF: D.O.U, 2000. Publicada em 30 nov. 2000, seção 1, p. 35. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2000456.pdf>>.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Anexo – contrato de prestação de serviço público de energia elétrica para consumidores titulares de unidades consumidoras do grupo b atendidas por meio de sigfi ou migdi. Brasília – DF, 1990 Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/cedoc/aren2012493\\_2.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/aren2012493_2.pdf)>.
- CELESC. Centrais Elétricas de Santa Catarina. Atendimento. Florianópolis – SC, 2013. Disponível em: <[http://portal.celesc.com.br/portal/atendimento/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=278](http://portal.celesc.com.br/portal/atendimento/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=278)>.
- COPASA. Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Água de qualidade. Belo Horizonte – MG, 2012. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sysstart.htm?tpl=home>>.
- COPASA. Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Modernização do sistema Rio das Velhas. Belo Horizonte – MG: COPASA, 2013. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/cgi/cgiluaexe/sys/start.htm?infoid=1058&sid=129>>.
- COPASA. Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Tratamento da água. Belo Horizonte – MG, 2012. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=98>>.
- CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. Atendimento. Belo Horizonte – MG, 2012. Disponível em: <<http://www.cemig.com.br/ACemig/Paginas/default.aspx>>.
- CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. Atendimento. Belo Horizonte – MG, 2012. Disponível em: <[http://www.cemig.com.br/Atendimento/Documents/ConhecaSuaConta/fatura\\_mt.html](http://www.cemig.com.br/Atendimento/Documents/ConhecaSuaConta/fatura_mt.html)>.
- FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY, JR. E A. KUSKO. Máquinas elétricas. 1.ed. São Paulo/SP: Makron Books, 1975.
- FRANCHI, Claiton. Acionamentos elétricos. São Paulo: Érica, 2007.
- FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. 3. ed. rev. Brasília – DF, 2004. 407p.
- GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GRUNDFOS. Manual de engenharia estações elevatórias. Bjerringbro Denmark, 2012. Disponível em: <[http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/\\_assets/download/ads/sewage-handbook.pdf](http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/_assets/download/ads/sewage-handbook.pdf)>.
- GRUNDFOS. Motor Book. Bjerringbro, Denmark, 2012. Disponível em: <<http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/assets/downloads/motorbook.pdf>>.
- HELLER, Valter Lúcio de. Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: UFMG, 2006.
- Mamede Filho, João. Instalações elétricas industriais. 8. ed. [Reimpr]. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- CARDOSO, F. D. P. et al. Prevalência de enteroparasitoses em escolares de 06 a 14 anos no município de Araguaína – Tocantins. Revista Eletrônica de Farmácia, v. 7, n. 1, p. 54-64, 2010.
- RICHTER, Carlos A; AZEVEDO NETO, José M. de. Tratamento de água: tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.
- SABESP. Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo. Tratamento da água. São Paulo/SP: Sabesp, 2012. Disponível em <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=40>>.
- SALUM, Luciano Jorge Barreto. Energia eficaz. Belo Horizonte: Cemig, 2005.
- SIEMENS. Motores de corrente contínua, guia rápido para uma especificação precisa. São Paulo, 2006. Disponível em

<[http://www.siemens.com.br/medias/FILES/2910\\_20060505141908.pdf](http://www.siemens.com.br/medias/FILES/2910_20060505141908.pdf)>.

- TSUTIYA, M. T. *Redução do custo de energia elétrica em estações elevatórias de água e esgoto. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997, Foz do Iguaçu. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes97/costo.pdf>>.*
- USEPA. *United States environmental protection agency. Guidelines for Water Reuse. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, 2004.*
- WEG. *Catálogo de motores de corrente contínua. Jaraguá do Sul – RS, 2012. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-motores-de-corrente-continua-50005370-catalogo-portugues-br.pdf>>.*

\*AMILTON FABIANO GONÇALVES

Oliveira é engenheiro eletricitista e, atualmente, é técnico de automação na Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa-MG).

DANIEL CRISTOVÃO SARAIVA é engenheiro eletricitista e projetista na Siemens VAI Metals Technology.

ARLETE VIEIRA DA SILVA é perita ambiental, mestre em Geografia e Análise Ambiental. Atualmente, é professora do curso de Engenharia Elétrica no IET/UnibH e coordenadora do Curso de Tecnólogo em Mineração no IET/UnibH.

LEONARDO HENRIQUE DE MELO LEITE é mestre em engenharia da computação e telecomunicações e doutorando em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Atualmente, é engenheiro eletricitista sênior da Fundação para Inovações Tecnológicas (FITec) e professor do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário de Belo Horizonte (UNI-BH).

#### **Continua na próxima edição**

Confira todos os artigos deste fascículo em [www.osetoreletrico.com.br](http://www.osetoreletrico.com.br)

Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail [redacao@atitudeeditorial.com.br](mailto:redacao@atitudeeditorial.com.br)