

ECONOMIA NO CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO HORÁRIO DE PONTA

REDUCING ELECTRIC ENERGY COSTS IN WATER SYSTEM SUPPLY IN THE PERIODS OF HIGH CONSUMING

MICHEL BERINGHERI MARTINS¹, CLÁUDIA DE SOUZA AMARANTE^{2*}, IVAN CINAGAVA³

1. Acadêmico do 10 semestre do curso de Engenharia Elétrica – FEITEP - Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional; 2. Engenheira Eletricista, Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela UTFPR, Professora da – FEITEP; 3. Engenheiro Eletricista - UNOPAR e Engenheiro da SANEPAR.

* Avenida Paranavaí, 1164, zona 6, Maringá, Paraná, Brasil. CEP: 87070-130 prof.claudia@feitep.edu.br

Recebido em 10/08/2018. Aceito para publicação em 19/09/2018

RESUMO

O artigo tem como objetivo demonstrar a redução significativa no custo de energia elétrica em sistema de abastecimento de água por meio de análise tarifária e implementação de controle automatizado para reduzir consumo em horário de ponta. Este trabalho apresenta o desenvolvimento do projeto implementado, onde foram utilizados conhecimentos de automação, programação, acionamentos elétricos, regras tarifárias e aspectos operacionais do sistema de abastecimento de água. Os resultados obtidos foram expressivos para a empresa de saneamento, alcançando um valor aproximado de R\$ 63.000,00 de economia em 7 (sete) meses após a implementação do projeto, economia esta que representou uma redução de 20,8% no custo final das faturas de energia das unidades consumidoras.

PALAVRAS-CHAVE: Água; Automação; Controle; Custo; Energia.

ABSTRACT

This article will demonstrate the reducing in the electric energy costs in the water system supply, using the analytic local price and the implementation of an automation control system to reduce consuming in periods of high consume in the day. This study presents the development of the project, in which was held knowledge of automation, electric dispatches programming, local prices and its rules and operational aspects in the water system supply as well. The results were clearly expressive to the local water supply company: reaching an approximately value of R\$ 63K of saving in 7 months after the implementation of the project. This saving means a 20.8% reduction to the consumers, in the final price of the month invoice.

KEYWORDS: Water; Automation; Control; Costs; Energy.

1. INTRODUÇÃO

A Mais de dois por cento do consumo total de energia elétrica do Brasil, o equivalente a 8,3 bilhões de kWh/ano, são consumidos por prestadores de serviços de saneamento em todo o país. Este consumo engloba os diversos usos nos processos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, com destaque para os conjuntos moto bomba, que são normalmente responsáveis por 90% do consumo nessas instalações¹. As despesas totais dos prestadores de serviços de saneamento com energia elétrica chegam a R\$ 1,5 bilhão por ano, variando entre 6,5% a 23,8% das despesas totais, com média de 12,2% para os sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário de companhias estaduais de saneamento¹.

Ainda segundo Salvador (2008), embora não existam dados consolidados sobre quanto da energia consumida é desperdiçada, estima-se que a despesa anual dos prestadores de serviços de saneamento, somente pela ineficiência energética é de R\$ 375 milhões. Notavelmente, as perdas em uma empresa de qualquer segmento de atuação, se não gerenciadas com afinco, podem impactar de forma negativa a receita da empresa e ao meio ambiente.

Percebendo algumas unidades consumidoras da Companhia de Saneamento do Estado do Paraná – SANEPAR, com consumo elevado no horário de ponta (horário de custo mais elevado), evidenciou-se a importância de uma gestão voltada para eficiência energética, que se deu após as análises minuciosas dos contratos e do histórico das faturas de energia, onde se verificou que a maior economia seria pela migração do consumo quilo watt-hora (kWh) em horário de ponta para o horário fora de ponta por meio de implementação eletromecânica automatizada em conjunto com a readequação da moda-

lidade tarifária.

O projeto implementado leva em consideração o fato de que o segundo maior custo operacional da empresa de saneamento é a energia elétrica. Ela é consumida na maior parte pelos motores elétricos que constituem os Conjuntos Moto Bombas (CMB), equipamentos estes utilizados em grande número pelas companhias de saneamento e de suma importância para captação de água bruta.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia implementada foi resultado da união entre a gestão de energia elétrica e automação para controle de instalações eletromecânicas.

Inicialmente, em uma primeira etapa, a possibilidade de economia em horário de ponta foi identificada através de uma gestão de energia elétrica. A gestão se deu de forma a analisar o comportamento das cargas elétricas do sistema de abastecimento de água da cidade de Loanda, no Paraná.

Através de variáveis disponibilizadas no site da Companhia Paranaense de Energia – COPEL foi possível interpretar o comportamento elétrico do consumo de energia das unidades da SANEPAR no município de Loanda utilizando ferramentas gráficas, tabelas e leituras disponibilizadas especificamente para cada Unidade Consumidora (UC).

A leitura do consumo kWh na ponta e fora de ponta é disponibilizada por meio de parâmetros registrados em tempos e períodos específicos, fato que possibilitou diagnosticar o percentual de operação dos poços nos horários de ponta e fora de ponta, e assim confirmar a necessidade da instalação do sistema automatizado para minimizar os custos de energia elétrica.

A implementação do sistema automatizado para controlar de maneira otimizada o nível do reservatório em horário de ponta ocorreu em uma segunda etapa do processo, após análises das faturas no site COPEL. A automação do processo de controle ocorreu de maneira a substituir equipamentos como hidrômetros e dosadoras de cloro e flúor com características construtivas puramente mecânicas por equipamentos eletrônicos e eletromecânicos. As dosadoras e o hidrômetro instalados são do tipo eletromagnético, de modo que fornecerão informações aos dispositivos controladores por meio de suas saídas analógicas, e no caso das dosadoras, serão controladas de maneira proporcional no processo por meio de suas entradas analógicas.

Foram substituídos também os relés e eletrodos de nível por sensores do tipo sonda hidrostática para controle do nível dos reservatórios e controle dos acionamentos dos poços conforme demanda por produção de água, bem como alarmes para alerta de extravasamento ou nível mínimo.

Na terceira e última etapa do processo, após a implementação e com a confirmação da redução no consumo kWh na ponta, definiu-se a modalidade tarifária mais adequada para as unidades.

A automação e sua importância

Silveira e Santos (1998) definem a automação como um conceito e um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com uma eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam. As informações são obtidas do meio ao qual se deseja efetuar o controle através de dispositivos periféricos, como por exemplo, sensores, dispositivos estes que transmitirão as informações coletadas aos controladores. Com base nas informações, o sistema calcula a ação corretiva mais apropriada para a execução da ação e esta é a característica de sistemas em malha fechada ou aberta, conhecidos também como sistemas realimentados ou não realimentados.

Para tanto, são utilizados Controladores Lógicos Programáveis (CLP), equipamentos eletrônicos computáveis que, por meio da execução algorítmica de um programa ou circuito eletrônico, comparam o valor atual com o valor desejado, efetuando o cálculo para ajuste e correção. O valor desejado também é conhecido na literatura inglesa como *setpoint*.

Este conceito pode ser evidenciado em diversos cenários no cotidiano humano atual, onde o esforço físico e mental é minimizado graças aos componentes eletrônicos computáveis empregados em equipamentos. Os benefícios proporcionados por qualquer processo automatizado são nítidos e percebidos nos sentidos de eficiência, segurança, menor custo, maior produção, etc.

Controlador lógico programável (CLP)

Com o advento dos microprocessadores, houve uma expansão na indústria que revolucionaria o desenvolvimento dos controles automatizados. Segundo Silveira e Santos, (1998), CLP's ou PLC's (Programmable Logic Controller), são tecnicamente definidos como miniaturas de computadores industriais que contém um hardware baseado em microcontrolador e um software para realizar as funções de controles. A Figura 1 ilustra a imagem do CLP instalado para o controle do processo demonstrado neste trabalho.

Uma unidade central de processamento recebe informações por meio de uma unidade de entrada de dados, então processa estas informações segundo a lógica de um programa armazenado em uma unidade de memória, e devolve os resultados computados através de uma unidade de saída, que pode ser analógica ou digital. O sistema de entrada geralmente é conectado a dispositivos coletores de dados de campo (sensores, eletrodos de contatos etc.), e o sistema de saída é conectado fisicamente nos dispositivos de campo a serem controlados

(contactores para acionamentos de motores, válvulas, etc.), e provem também uma Interface Homem Máquina (IHM) entre a CPU e o meio externo.



Figura 1 – CLP instalado em painel de comando. **Fonte:** O autor (2018).

Os programas são normalmente realizados na linguagem Ladder, a linguagem que mais se aproxima de um esquema elétrico baseado em relés e são colocados na memória da CPU em forma de operações lógicas. Finalmente, baseado no programa, o CLP escreve ou atualiza as saídas de acordo com as entradas atuando nos dispositivos de campo. Este processo, também conhecido como um ciclo, continua na mesma sequência sem interrupções, ou mudanças, apenas quando as mudanças são realizadas através de comandos de programa².

A especificação dos primeiros CLP's refletiu as necessidades de todas as indústrias manufatureiras. As principais características e vantagens desta especificação eram:

- Facilidade de programação e reprogramação;
- Possibilidade de manutenção e reparo, com blocos de entrada e saída modulares;
- Confiabilidade, para que possa ser utilizado em um ambiente industrial;
- Tamanho reduzido comparado ao sistema tradicional que utilizava relés;
- Ser competitivo em custo com relação a painéis de relés e eletrônicos equivalentes;
- Possibilitar expansões sem grandes alterações no sistema;
- Estações de operação com interface mais amigável;
- Integração dos dados de processo do CLP em bancos de dados gerenciais, disponibilizando informações sobre o chão de fábrica para os departamentos envolvidos com o planejamento da produção.

Sensor de nível hidrostático

A empresa e fabricante de sensores Wika do Brasil define um sensor hidrostático como um instrumento de medição submersível e de simples instalação, cujo princípio de medição é o da medição da coluna de água.

Na parte inferior do sensor há um diafragma de pressão cujo seu lado interior escoar o ar deslocado proveniente da deformação do diafragma para a pressão atmosférica através de um tubo de ventilação que segue pelo cabo e o lado externo está em contato com o líquido, onde a medição da pressão estática da coluna de líquido é efetuada acima do transmissor. A pressão estática corresponde ao peso do fluido no topo do transmissor e o sinal de medição que define o nível é determinado pela diferença de pressão entre a coluna do fluido exercida no topo do transmissor e a pressão atmosférica exercida sob a coluna desse fluido, que é proporcional à altura³.

Portanto, o sensor hidrostático de nível mede precisamente o nível do líquido calculando a distância entre o ponto de medida e o nível da superfície através da pressão medida. Na maioria dos casos, ele é suspenso por um cabo até o nível desejado de medição ou apenas submerso até o fundo do reservatório.

Um sensor de nível hidrostático como mostrado na Figura 2 é um instrumento muito preciso e sempre medirá a pressão do líquido independente da forma estrutural do tanque.



Figura 2 - Sensor de nível tipo sonda hidrostática. **Fonte:** O autor (2018).

O sensor de nível hidrostático é um sensor especializado para o monitoramento de nível, com ampla aplicação em empresas de saneamento. Sua tecnologia de medição simples, confiável e precisa, o torna um dos sensores de nível mais utilizados.

Medidor de vazão eletromagnético

A técnica de medição eletromagnética para vazão de fluidos está entre as mais versáteis e confiáveis dentre os métodos existentes.

O princípio de funcionamento da medição eletromagnética é baseado na lei de Faraday, ou seja, quando o fluido desloca-se com linhas de velocidade perpendiculares a um campo magnético, de densidade do fluxo B ,

com velocidade V , é gerada uma força eletromotriz (FEM) proporcional à intensidade do campo magnético, a qual pode ser medida pelos eletrodos, distantes de D , em contato com o fluido.

Portanto, com o deslocamento de um condutor elétrico em um campo magnético, cortando as linhas de campo, é gerada uma FEM no condutor proporcional a sua velocidade. A Figura 3 ilustra o princípio de funcionamento de um medidor eletromagnético.

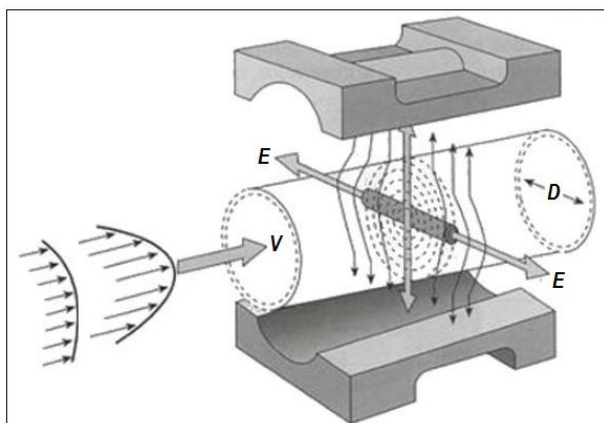


Figura 3 - Princípio de funcionamento medidor eletromagnético. Fonte: DELMÉE (2003)⁴.

A relação entre a vazão e a FEM acontece como mostrado na Equação 1⁴:

$$e = B \cdot D \cdot V \quad [1]$$

Onde: e é a força eletromotriz (Volt); B é o campo magnético (tesla); D é a distância entre os eletrodos (m); V é a velocidade do fluido dada em metros por segundo (m/s).

Sendo a vazão volumétrica relacionada à velocidade conforme as Equações 2 e 3 (DELMÉE, 2003):

$$Q = \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4}\right) \cdot V \quad [2]$$

Logo, temos que:

$$Q = e \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot \frac{D}{B} \quad [3]$$

Onde: Q é a vazão dada em metros cúbicos por segundo (m^3/s); e é a força eletromotriz (Volt); B é o campo magnético (tesla); D é a distância entre os eletrodos (metros).

O campo magnético pode ser gerado por ímãs permanentes ou por bobinas excitadas por corrente alternada.

A FEM gerada é da ordem de microvolts, onde há a necessidade que o sinal seja condicionado para que este

seja medido em ambiente industrial com muitos ruídos eletromagnéticos.

A Figura 4 mostra o esquema de ligação de um medidor de vazão semelhante ao instalado no município de Loanda, em projeto mencionado neste trabalho, que é composto por um tubo sensor eletromagnético (1) ligado ao conversor de sinal (2) por um cabo de corrente de campo e de sinal.

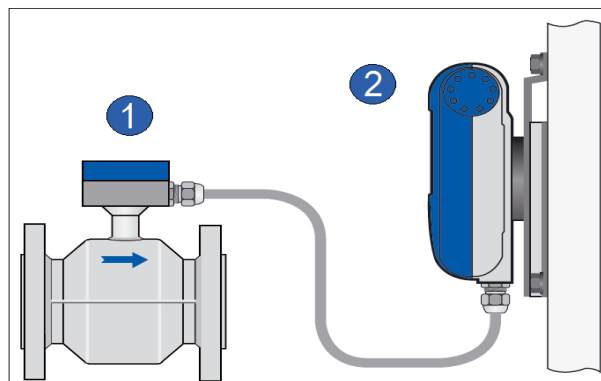


Figura 4 - Ligação tubo sensor x conversor de sinal. Fonte: O autor (2018).

Os medidores de vazão eletromagnéticos são ideais para medição de fluidos, quer sejam produtos químicos, corrosivos, com sólidos suspensos, água, lama, etc. Sua aplicação estende-se desde empresas de saneamento até indústrias químicas, papel e celulose, alimentícias e mineração.

Bombas dosadoras eletromagnéticas

As Bombas Dosadoras Eletromagnéticas, também conhecidas como bombas dosadoras eletrônicas parametrizáveis, são equipamentos amplamente utilizados em processos industriais, com as funções de transferência e controle do produto a ser dosado com o maior grau possível de precisão, com um volume definido e dentro de um período de tempo também definido.

As bombas dosadoras aspiram um determinado volume de líquido pressionando-o para a linha de dosagem através de pulsos. Podem ter controle da vazão através de ajuste manual ou remoto, por meio de ajuste do volume de pulso e/ou número de pulsos, e ainda por meio de sinal analógico de 4 a 20 mA (mili-ampéres), ou mesmo através da interface com instrumentos, por exemplo: medidores/controladores de cloro residual, pH e de condutividade, medidores de vazão, etc.

A Figura 5 ilustra a imagem de uma dosadora semelhante às instaladas no sistema de tratamento de água do município de Loanda. Duas dosadoras eletrônicas (01 cloro e 01 flúor) da marca EMEC BRASIL substituíram duas bombas dosadoras com características puramente mecânicas no projeto implementado e descrito neste trabalho.



Figura 5 - Bomba dosadora eletromagnética. Fonte: EMEC BRASIL (2018).

Redução do custo pela automação de sistemas de abastecimento de água

O avanço na engenharia elétrica / eletrônica permitiu o desenvolvimento de computadores e equipamentos sofisticados aplicáveis em automação dos sistemas de abastecimento de água e de esgoto sanitário. Embora esses equipamentos aumentem os custos do sistema, a opção pelo uso desses equipamentos quase sempre é certa, pois diminui os custos de pessoal, reduz o consumo de energia elétrica e de produtos químicos, melhora a eficiência dos processos, aumenta a segurança na operação do sistema, etc.

Modalidades tarifárias

As modalidades tarifárias são os conjuntos de tarifas aplicadas nas componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência ativa. A modalidade tarifária convencional do grupo B é caracterizada apenas por tarifas de consumo de energia elétrica, independente das horas de utilização durante o dia.

A modalidade tarifária branca aplicada ao grupo B entrou em vigor a partir do dia 1º de janeiro de 2018, sendo aplicadas somente as unidades consumidoras que são atendidas em baixa tensão.

Essa modalidade sinaliza aos consumidores a variação do valor da energia em três horários diferentes nos dias úteis: ponta, intermediário e fora de ponta. Na ponta e intermediário a energia é mais cara. Fora de ponta a energia é mais barata. Nos feriados nacionais e nos fins de semana o valor é sempre fora de ponta.

A modalidade tarifária convencional binômica do grupo A foi extinta no dia 24 de junho de 2016, somente ficando em vigor as tarifas verde ou azul nas unidades que estavam enquadradas nela.

A modalidade tarifária azul (Figura 6), também conhecida como horo sazonal azul, atende as unidades do grupo A, e é caracterizada por tarifas diferenciadas para consumo e demanda de acordo com seu horário de utilização do dia.

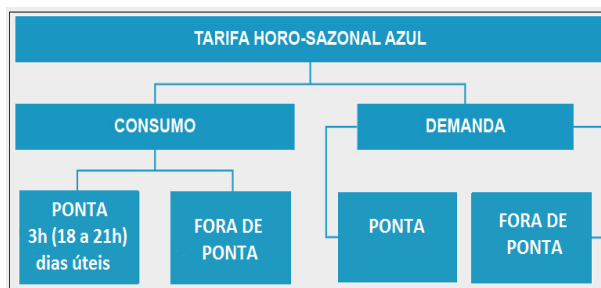


Figura 6: Modalidade tarifária AZUL. Fonte: O autor (2018).

A modalidade tarifária horária verde (Figura 7), também conhecida como horo sazonal verde, é aplicada ao grupo A, com tensão de fornecimento inferior a 69 kV e tarifas diferenciadas para o consumo de energia elétrica de acordo com o horário de utilização e com uma tarifa única para demanda.

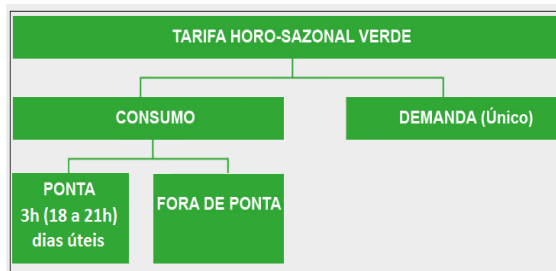


Figura 7: Modalidade tarifária VERDE. Fonte: O autor (2018).

O horário de ponta é o horário onde a tarifa é diferenciada para consumo e demanda dependendo da modalidade a qual a unidade consumidora é faturada.

Atualmente o horário de ponta é composto por três horas consecutivas durante o dia, com exceção dos sábados, domingos e feriados nacionais, e tem início às 18 horas e finaliza às 21 horas, durante o horário de verão é acrescentado uma hora ao fim e ao início do horário de ponta, ficando então das 19 horas e 21 horas.

O horário fora de ponta é composto pelas horas complementares àquelas definidas como hora de ponta, para a área de concessão da Copel.

Gestão de energia elétrica

Foi realizada uma minuciosa análise financeira de perspectiva de economia com a instalação do sistema automatizado para controle de consumo de energia em horário de ponta sobre as unidades de abastecimento de água situadas na cidade de Loanda – PR, considerando ainda valores de investimentos despendidos no projeto.

Após a análise das faturas das unidades operacionais de produção (captação) de água bruta, foi verificado que as unidades funcionavam em uma proporção do tempo total diário muito grande no horário de ponta, fato que estimulou a ideia de uma implementação eletromecânica automatizada que proporcionasse uma economia real à empresa.

Todas as unidades operacionais estudadas estavam tarifadas em modalidade AZUL, opção mais adequada devido apresentarem consumo elevado em horário de ponta.

Implantação do sistema automatizado

Inicialmente a implementação do sistema automatizado para controle horo sazonal se deu com a instalação de um CLP em painel de comando já existente como ilustrado na Figura 8.

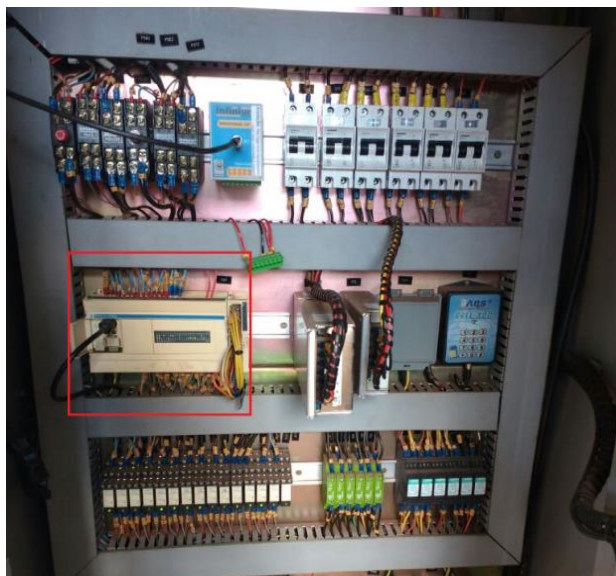


Figura 8 - CLP instalado em painel já existente. Fonte: O autor (2018).

Materiais e custos envolvidos

A Tabela 1 permite verificar os custos totais aproximados de investimento realizado na implementação do projeto.

Tabela 1 - Quantitativo e custos dos materiais.

QTD.	EQUIPAMENTO	CUSTO
1	CLP + módulo analógico	R\$2.250,00
1	Sensor de nível tipo sonda hidrostática	R\$1.100,00
2	Dosadoras parametrizáveis (01 cloro + 01 flúor)	R\$3.000,00
1	Medidor de vazão eletromagnético	R\$2.800,00
TOTAL		R\$9.150,00

Fonte: O autor (2018).

O custo total aproximado da instalação foi de R\$9.150,00 (nove mil cento e cinquenta reais), considerando apenas os equipamentos mais importantes e mais caros para a implementação do projeto. Outros componentes (cabos, protetores de surto, etc.) não foram conta-

bilizados, bem como custos de mão de obra também não foram mensurados.

A instalação

O controlador lógico programável (CLP) foi instalado em painel já existente, como ilustrado na Figura 8, e é constituído de uma unidade de processamento central (CPU) e acoplado a esta unidade um módulo de expansão com entradas e saídas analógicas, utilizadas para receber em uma de suas entradas, informações do sensor hidrostático de nível tipo sonda e também informações do medidor eletromagnético de vazão instalado na adutora de chegada d'água dos poços.

Conforme lógica de programação inserida no CLP, o mesmo processa os dados recebidos de equipamentos de leitura (sensores de nível e medidores de vazão) em suas entradas de maneira a efetuar o controle para o qual foi programado, ativando e desativando assim suas saídas, que podem ser digitais para controle de liga e desliga apenas, ou podem ser saídas analógicas utilizadas para controlar as dosadoras de cloro e flúor de maneira proporcional ao fluxo/vazão de chegada d'água no reservatório.

O tempo de ativação da programação é definido conforme o horário de ponta (3 horas), compreendendo o intervalo de horário entre 18h e 21h em dias da semana de (segunda a sexta).

A programação foi realizada de forma a fracionar o reservatório de água em quatro níveis para acionar em tempos diferentes os quatro poços interligados a ele.

A Figura 9 ilustra um croqui básico para uma melhor compreensão de como estão alocadas geograficamente as unidades do sistema de abastecimento de água da cidade de Loanda. As quatro unidades de captação subterrânea de água bruta (CSB), ou seja, os poços estão distantes entre si, localizadas na área rural e afastadas da sede da SANEPAR, onde está instalada toda estrutura de controle dos poços mencionada neste trabalho, e que está em uma região central do município.

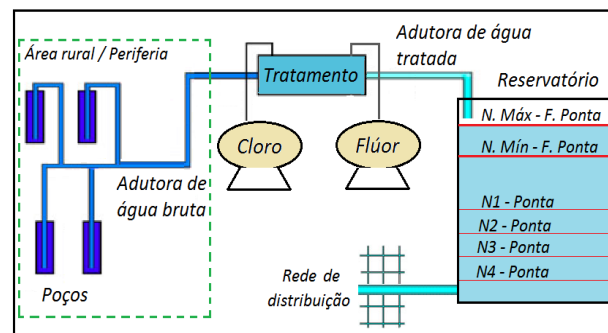


Figura 9: Croqui sistema de abastecimento de água Loanda. Fonte: O autor (2018).

O sistema anterior de controle dos poços permitia somente o acionamento simultâneo de todos os poços, tanto para o horário fora de ponta quanto para o horário

de ponta. No sistema atual o controle de acionamento dos poços para o horário fora de ponta permaneceu em parte como no sistema anterior de controle, ou seja, os poços são acionados simultaneamente, porém através do nível mínimo que fica mais próximo do nível máximo, de maneira que o reservatório opere o mais cheio possível nos horários que antecedem o início do horário de ponta.

Já no controle do acionamento dos poços para o horário de ponta foi onde se deu maiores mudanças, onde neste horário o acionamento acontece por escalonamento de 4 níveis do reservatório, sendo estes níveis deslocados em uma região mais abaixo no reservatório e permitindo que nesta faixa de horário a capacidade do reservatório seja aproveitada ao máximo, adiando o momento de acionamento dos poços.

O nível 1 do reservatório aciona a unidade CSB6, e se o consumo (saída) de água for maior do que a produção da unidade CSB6, o nível 2 no reservatório de água é ativado acionando a unidade CSB3, e assim sucessivamente conforme os demais níveis são atingidos o processo continua respectivamente nas demais unidades de Loanda, CSB1 e CSB11, conforme a sequência de acionamento definida na programação do CLP. A Figura 10 ilustra os níveis para acionamento dos poços em horário de ponta e horário fora de ponta.

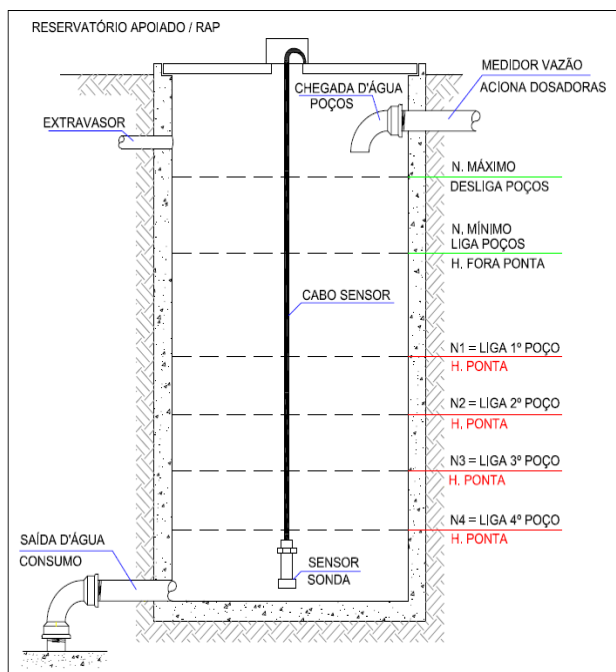


Figura 10 - Níveis para acionamento dos poços. **Fonte:** O autor (2018).

Outro ajuste efetuado na programação do CLP foi a definição de seletividade de acionamento dos poços, que considera basicamente a eficiência de cada CMB. A eficiência de cada CMB foi calculada através do consumo

quilowatt-hora (kWh) em função do volume de água produzido em metros cúbicos (m³) produzidos.

A Tabela 2 mostra a sequência de acionamento por níveis definidos conforme a eficiência de cada CMB, sendo a ordem de prioridade dos acionamentos do menor para o maior valor de quilowatt-hora por metros cúbicos (kWh/m³) de água produzida.

Tabela 2: Seletividade dos poços.

TABELA DE SELETIVIDADE (CONSUMO EM HORÁRIO DE PONTA)				
UNIDADE	VOL. PRODUZIDO MENSAL (m ³)	CONSUMO MENSAL (Kw/h)	EFICIÊNCIA (Kwh/m ³)	NÍVEIS DE ACIONAMENTO
CSB-01	25727	17520	0,680996	NÍVEL 3
CSB-03	35794	24084	0,672847	NÍVEL 2
CSB-06	27313	17564	0,643087	NÍVEL 1
CSB-11	31060	24760	0,797151	NÍVEL 4

Fonte: O autor (2018).

No sistema de tratamento, os produtos cloro e flúor são dosados conforme o fluxo da chegada de água dos poços medido no medidor de vazão instalado na entrada do reservatório, sendo necessário o uso de dosadoras proporcionais parametrizáveis com entradas analógicas e um medidor de vazão com saída analógica.

O CLP recebe do medidor de vazão um sinal analógico proporcional ao volume de água produzido pelos poços, e, conforme a lógica de programação, o CLP replica um sinal analógico em sua saída de maneira a controlar as dosadoras de cloro e flúor proporcionalmente à vazão de água medida pelo medidor de vazão.

A água que passa pelo medidor de vazão é chamada água bruta, pois ainda não recebeu tratamento. A água bruta recebe o tratamento logo depois de passar pelo medidor de vazão, passando a ser água tratada e despejada no reservatório para ser distribuída. A Figura 11 ilustra o esquema de funcionamento do tratamento.

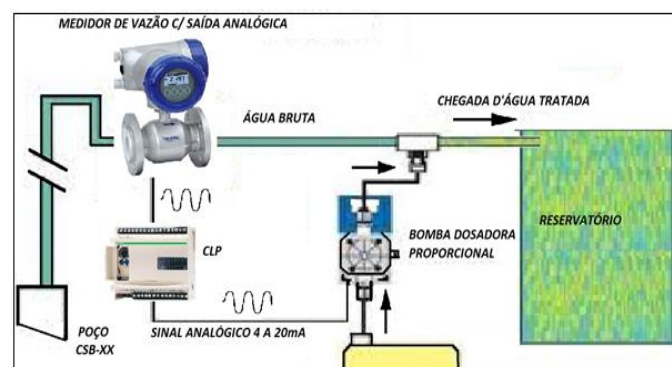


Figura 11 - Esquema funcionamento tratamento. **Fonte:** O autor (2018).

Estimativas de economia após projeto implementado

O consumo kWh das unidades CSB's de Loanda acontecia nas proporções de 11,36% do consumo total em horário de ponta e 88,64% em horário fora de ponta.

No gráfico ilustrado na Figura 12 é possível visualizar a redução no consumo kWh na ponta no mês da instalação do sistema na unidade CSB01, redução que se replicou igualmente para as demais unidades CSB's. Os cálculos estimados para economia se deram inicialmente considerando o consumo kWh em horário de ponta dos CSB's no mês da instalação do sistema automatizado.

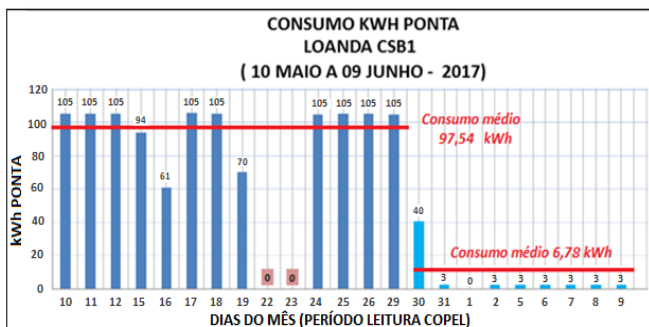


Figura 12 - Mudança consumo kWh ponta no mês da instalação CSB-01. Fonte: O autor (2018).

Foram realizadas estimativas econômicas de acordo com as regras tarifárias. Para o período anterior à implementação, a modalidade tarifária azul era a mais vantajosa. Após a mudança operacional, foi diagnosticado que a modalidade verde se tornou a mais adequada, portanto, nos cálculos de estimativa de economia considerou-se o reenquadramento tarifário das unidades.

Uma economia total de R\$ 7.495,36 foi estimada e apresentou os seguintes resultados por unidade demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3. Economia total estimada.

UNIDADE	ECONOMIA (R\$)		
	REALIZADA (Mensal)	A REALIZAR SE MUDAR MODALIDADE TARIFÁRIA (Mensal)	TOTAL SE MUDAR MODALIDADE TARIFÁRIA (Mensal)
LOANDA CSB-01	R\$307,56	R\$1.034,32	R\$1.341,88
LOANDA CSB-11	R\$474,10	R\$1.653,86	R\$2.127,96
LOANDA CSB-03	R\$665,01	R\$1.679,67	R\$2.344,68
LOANDA CSB-06	R\$293,92	R\$1.386,92	R\$1.680,84
TOTAL	R\$1.740,59	R\$5.754,77	7.495,36

Fonte: O autor (2018).

3. RESULTADOS

Os resultados puderam ser comprovados quando as faturas de energia das unidades CSB's foram adequadas na modalidade tarifária horosazonal verde.

Os gráficos dos históricos de consumo das unidades CSB's (01, 03, 06 e 11) ilustrados nas Figuras (13, 14, 15 e 16) mostram as mudanças nos consumos, onde nas tabelas dos gráficos é nítido o deslocamento do funcionamento das cargas (em percentual) do horário de ponta para fora de ponta, ou seja, uma redução do custo de energia elétrica sem a redução do consumo.

Também é possível ver que nos meses anteriores à instalação do sistema de controle o percentual de funcionamento das unidades ficava próximo de 11% para o horário de ponta e 88% para o horário fora de ponta, como mencionado anteriormente neste trabalho.

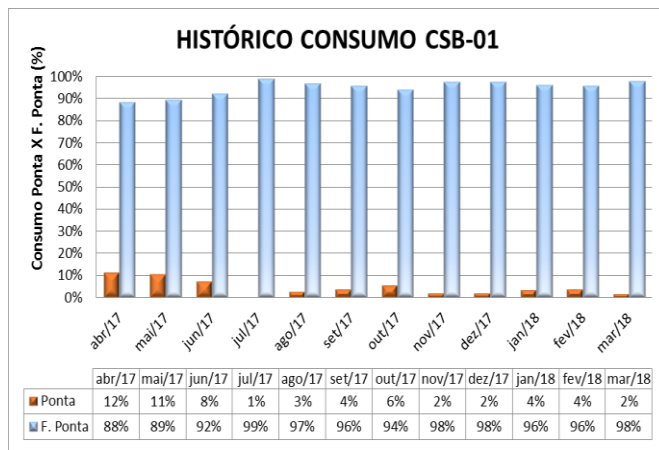


Figura 13 - Histórico de Consumo Ponta x Fora Ponta CSB-01. Fonte: O autor (2018).

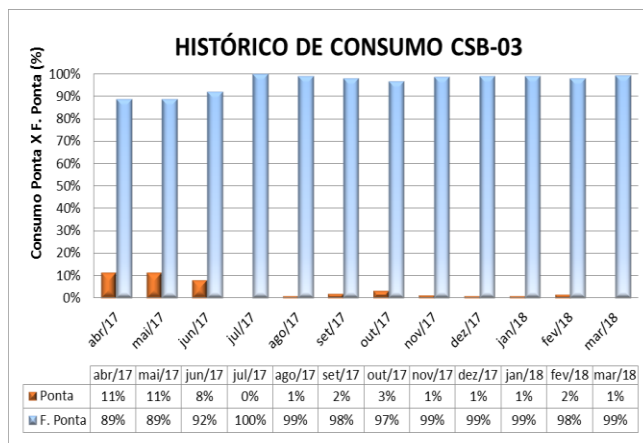


Figura 14 - Histórico de Consumo Ponta x Fora Ponta CSB-03. Fonte: O autor (2018).

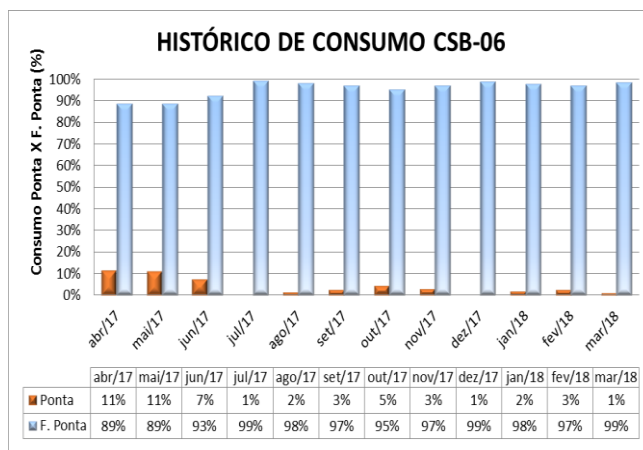


Figura 15 - Histórico de Consumo Ponta x Fora Ponta CSB-06. Fonte: O autor (2018).

A Tabela 4 mostra a economia realizada de cada unidade CSB e a economia total no período de sete meses após a implementação do sistema automatizado e as devidas adequações tarifárias.

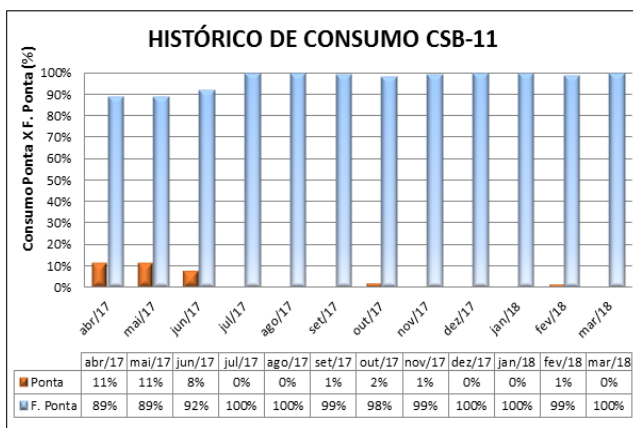


Figura 16 - Histórico de Consumo Ponta x Fora Ponta CSB-11. **Fonte:** O autor (2018).

Tabela 4 - Economia total realizada.

ECONOMIA TOTAL REALIZADA								
UNIDADES	set/17	out/17	nov/17	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	TOTAL P/ UNIDADE
CSB-01	R\$1.685	R\$1.230	R\$1.865	R\$1.973	R\$1.749	R\$1.587	R\$1.750	R\$11.839
CSB-03	R\$589	R\$419	R\$3.529	R\$3.454	R\$3.557	R\$3.111	R\$2.983	R\$17.642
CSB-06	R\$2.761	R\$2.438	R\$2.749	R\$3.176	R\$3.336	R\$2.904	R\$2.779	R\$20.143
CSB-11	R\$1.877	R\$1.415	R\$1.948	R\$2.153	R\$2.202	R\$1.905	R\$1.986	R\$13.486
ECONOMIA TOTAL (PERÍODO 07 MESES)								R\$63.110

Fonte: O autor (2018).

No gráfico ilustrado na Figura 17 é visível a mudança no comportamento do acionamento das cargas após a instalação do sistema de controle automatizado como mencionado anteriormente neste trabalho, sendo que antes da instalação os poços eram acionados simultaneamente e após a implementação do projeto passaram a ser acionados conforme escalonamento dos níveis do reservatório (Figura 10) definidos na programação do CLP.

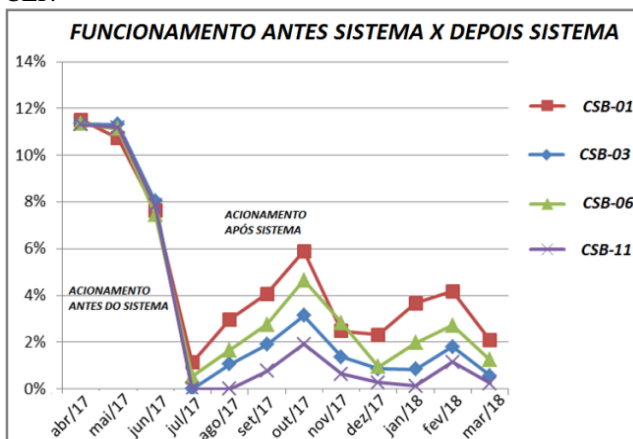


Figura 17 - Funcionamento Antes x Depois. **Fonte:** O autor (2018).

3. DISCUSSÃO

Diante da crescente necessidade por processos cada vez mais eficientes e autônomos, com maior confiabilidade no que diz respeito ao uso racional de energia elétrica e qualidade no atendimento à população, destacou-se neste trabalho a interação entre as ferramentas eficiência energética e automação.

A base inicial de gestão voltada para eficiência energética aliada à automação para controle, possibilitou implementações eletromecânicas na busca de economia de energia elétrica, consolidando a eficácia das ferramentas utilizadas para alcançar os objetivos.

Os cálculos de estimativa de economia se mostraram eficazes frente aos resultados obtidos e serviram de incentivo para a equipe técnica da empresa na continuidade e aprimoramento de futuras implementações.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos foram satisfatórios e representaram uma economia real para a empresa, superando as estimativas e com maior confiabilidade operacional ao sistema de abastecimento de água.

É possível reduzir ainda mais o consumo e consequentemente o custo de energia elétrica no horário de ponta através de um ajuste refinado de alguns parâmetros do sistema apresentado, como a sincronização do horário do CLP com o medidor da COPEL e aprimoramento da programação para ativar um comando que permita o reservatório estar o mais cheio possível nas horas que antecedem o início do horário de ponta.

O projeto implementado e descrito neste trabalho está sendo instalado em outras localidades da região noroeste que não utilizam o controle padronizado em vigor. Os resultados apresentados nesse trabalho são significativos e podem ser propagados nas demais localidades da empresa a nível estadual, para se tornar padrão para as futuras obras a serem realizadas.

REFERÊNCIAS

- [1] Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento: guia do profissional em treinamento: nível 2. Salvador: ReCESA, 2008. 19p.
- [2] Silveira PR, Santos WE. Automação e controle discreto. Érica. São Paulo, 1998; 18-23.
- [3] WIKA DO BRASIL Indústria e Comércio Ltda. Sensor de nível hidrostático. 2018. Disponível em: <https://www.wika.com.br/landingpage_hydrostatic_level_sensor_pt_br> Acesso em: 07 mar 2018.
- [4] Delmée GJ. Manual de Medição de Vazão. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 3ª ed., 2003.
- [5] Legner C. Bombas dosadoras. Revista TAE, Especializada em tratamento de água & efluentes. Edição Nº 11 - Ano II - fevereiro/março de 2013. Disponível em: http://www.revistatae.com.br/5470-noticias> Acesso em: 06 jul 2018.

- [6] ANEEL. Resolução normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010. Estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica de forma atualizada e consolidada.
- [7] ANEEL. Tarifa branca. 2018. Disponível em: <www.aneel.gov.br/tarifa-branca>. Acesso em: 17 mar 2018.
- [8] COPEL. Horário de Ponta Teste. 2016. Disponível em:<www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf2Fverdocatual%2FB97A68E9ACB2740003257F380070DBD8>. Acesso em: 13 ago 2017.