

## **XI-021 - UTILIZAÇÃO DE INVERSORES DE FREQUÊNCIA, UMA ABORDAGEM OPERACIONAL.**

**Vinícius Alberto Adorno Vasilio<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM/PR). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Júlio de Mesquita Filho (UNESP/SP). Engenheiro da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR..

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Galdino Gluck Junior, 345 – Centro Apucarana – Paraná CEP: 86800-060 – Brasil – Tel: (43) 3420-5400 e-mail: [viniciusav@sanepar.com.br](mailto:viniciusav@sanepar.com.br)

### **RESUMO**

A operação dos sistemas de abastecimento e distribuição de água é um dos componentes principais do consumo de água. A operação destes sistemas requer ajustes frequentes em resposta a variação da demanda, a fim de minimizar os custos da distribuição. Um dos meios amplamente difundido para otimizar sistemas de abastecimento público pressurizados por conjuntos moto bomba, é a utilização de inversores de frequência, que além de ganhos diretos como redução de energia elétrica e perdas reais, proporciona um controle operacional tanto de vazões quanto de pressões mais eficiente, para os tomadores de decisão do sistema.

Este estudo avaliou na cidade de Apucarana/PR a utilização de inversores de frequência em uma elevatória de água tratada, com área de abrangência de 26.805 hab, sob o ponto de vista operacional em sistemas de abastecimento de água potável.

Com a implantação do sistema de variação da velocidade da bomba conseguiu-se avaliar uma redução de 21,5% no consumo do KWh medido no horário de ponta e de 16,1% no consumo do KWh fora do horário de ponta, e redução média de 3,74 l/s (13,7%), somente com a instalação sem mudanças estruturais em anéis de distribuição. Contudo foram avaliados 03 casos de situações: Incêndios, sistema de expulsão de ar e avaliação da frequência mínima, não previstas em projeto que poderiam otimizar de maneira mais satisfatória a utilização. O estudo mostrou que a utilização de equipamentos variadores de velocidade deve ser sempre uma alternativa a ser observada na concepção ou adaptação ao sistema existente, quanto a sua viabilidade, e que fatores operacionais devem ser levados em conta para que a obra atinja seu objetivo e mantenha seu foco.

**PALAVRAS-CHAVE:** Abastecimento de água, inversores de frequência, operação de automação.

### **INTRODUÇÃO**

O planejamento eficiente do uso da água se faz necessário por causa da demanda populacional crescente e disponibilidade de recurso na natureza. A operação dos sistemas de abastecimento e distribuição de água é um dos componentes principais do consumo de água. A operação destes sistemas requer ajustes frequentes em resposta a variação da demanda, a fim de minimizar os custos da distribuição (Zahed Filho, 1990).

Atualmente existe uma constante busca por uma maior eficiência operacional por parte das empresas de saneamento, com o objetivo de reduzir as perdas de água, preservar os recursos hídricos e garantir o abastecimento público (Vasilio, 2009). Para se obter uma melhor eficiência operacional, existe a necessidade de melhores controles dos processos. Entende-se por processo “qualquer conjunto de condições, ou causas que, agindo juntas, geram um dado resultado” (Paladini, 1990), ou seja, processo é um grupo de atividades inter-relacionadas e caracterizadas por um conjunto de entradas específicas, com tarefas que agregam valor e que produzem um conjunto de resultados específicos.

Um dos meios amplamente difundido para otimizar sistemas de abastecimento público pressurizados por conjuntos moto bomba, é a utilização de inversores de frequência, que além de ganhos diretos como redução de energia elétrica e perdas reais, proporciona um controle operacional tanto de vazões quanto de pressões mais eficiente, para os tomadores de decisão do sistema (Monachesi, 2010).

Este trabalho teve como objetivo avaliar da utilização de inversores de frequência, sob o ponto de vista operacional em sistemas de abastecimento de água potável, observando pontos positivos e possíveis modificações para a operação de acordo dos equipamentos.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR-PR).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Apucarana é uma cidade do centro norte do estado do Paraná, que tem aproximadamente 120.919 habitantes, a concessão de seu sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário é pertencente a Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar. O município é composto por basicamente 2 tipos de fontes: poços profundos (25%) e captação superficial (75%), distribuídos em 5 grandes setores de abastecimento, vide Figura 1. Dentro do setor 03 de abastecimento foi instalado em setembro de 2011 um inversor de frequência no conjunto de bombeamento existente.

Este setor é composto de uma elevatória de água tratada (EET-02), que era controlado por um reservatório elevado de 200 m<sup>3</sup> de capacidade, onde após a instalação destes equipamentos este foi desativado. Esta elevatória consta das seguintes características: 3 conjuntos moto bombas de 150 cv cada, sendo operado sempre por 02 conjuntos e um reserva, a vazão máxima em dias de pico chega a 130 l/s com uma manométrica de 35 mca operando os dois conjuntos em 60 Hz.

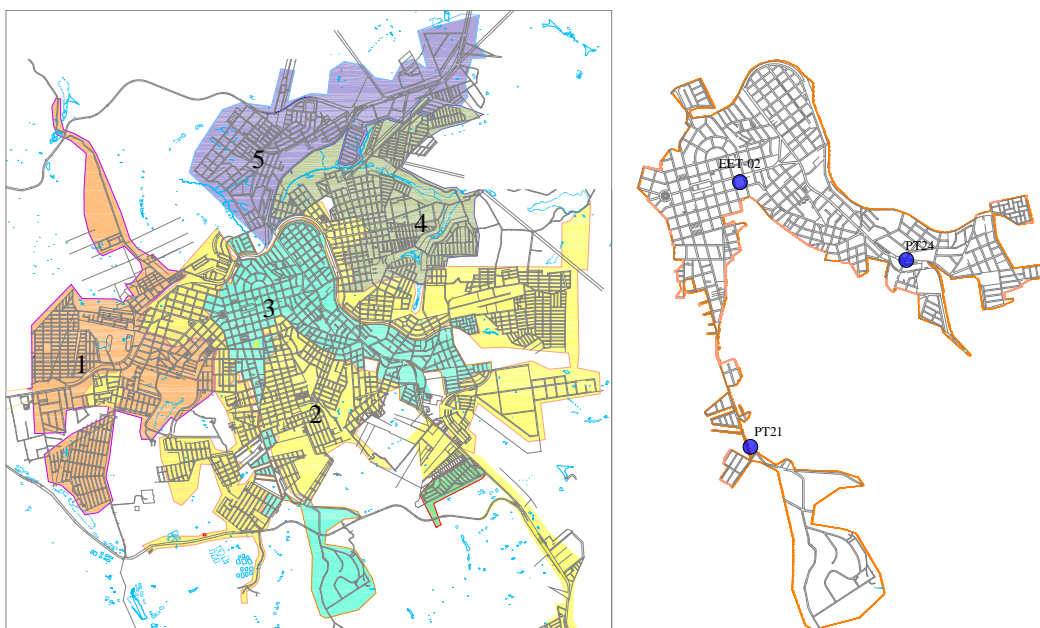
O setor 03 de abastecimento é composto por 6559 ligações de água que abrangem aproximadamente 8564 economias, em cotas que variam de 865<sup>1</sup> a 730<sup>2</sup>, onde o ponto da elevatória esta na cota 864, e os respectivos áreas de controle do inversor se encontram nas cotas 855 para a área 21 e 865 para a área 24, vide Figura 1.

Para a implantação do inversor de frequência foram adquiridos novos quadros de comando, bem como instaladas três áreas de controle de pressão remotas, que juntas fazem a operação do equipamento, foram investidos R\$257.627,04 na aquisição e montagem dos equipamentos, onde o sistema de abastecimento já dispunha de supervisório de controle de outras áreas.

---

<sup>1</sup> Cota referente a altitude em relação ao nível do mar.

<sup>2</sup> Em cotas inferiores a 840 foram instaladas Válvulas redutoras de pressão.



**Figura 1: Mapa esquemático dos sistemas de abastecimento do município de Apucarana/PR**

## RESULTADOS

Após a instalação dos equipamentos em outubro de 2011 foram avaliados alguns parâmetros, como energia elétrica e volume produzido. Segundo a Tabela 1 podemos observar a evolução dos consumos médios mensais de energia elétrica em relação aos anos anteriores à instalação, em média houve uma redução de 21,5% no consumo medido no horário de ponta<sup>3</sup> e de 16,1% no consumo fora do horário de ponta.

**Tabela 1: Médias mensais de consumo de KWh, da elevatória EET02 do SAA Apucarana.**

Ano	Consumo Medido		redução 2012	
	Ponta (kwh)	Fora (kwh)	Ponta (kwh)	Fora (kwh)
2008	2293	20946	19,3%	12,6%
2009	2364	21689	23,0%	16,6%
2010	2382	21951	23,9%	18,1%
2011	2304	21800	19,9%	17,2%
2012	1922	18595	-	-

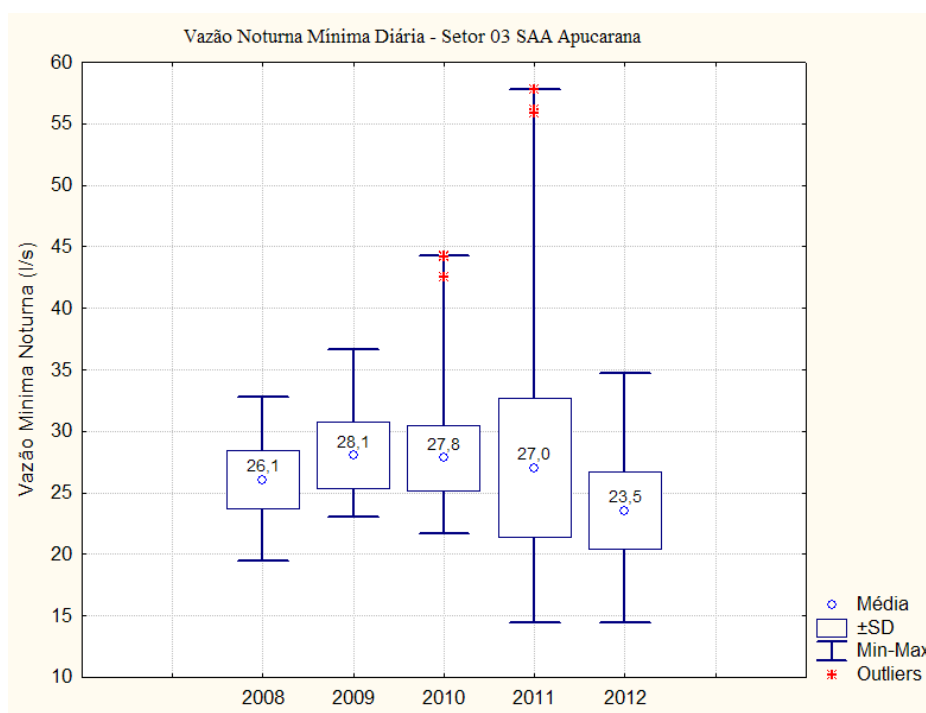
Obs 1: Os dados de 2012 referem-se ao período do 1º semestre do ano.

Já quando analisamos as vazões noturnas mínimas<sup>4</sup> médias mensais, Figura 1 conseguimos observar uma redução média de 3,74 l/s ( 13,7%), somente com a instalação sem mudanças estruturais em anéis de distribuição. Dentro da variação mensal ainda observamos dados dentro do período de out/11 a jul/12 que chegaram a patamares de 17,5 l/s.

Numa Análise estatística percebemos que não só a médias das vazões foi alterada mas como sua variabilidade, onde em 2008 e 2009 tínhamos um desvio padrão pequeno (2,33 e 2,70 respectivamente) com a inserção do sistema operado por inversores de frequência em out/2011, até a sua adequação o sistema passou por uma variância mais acentuada em relação aos outros anos, com amplitude em 2011 de 43,5 l/s, que está sendo estabilizada em 2012 mas com valores médios mensais inferiores Figura 1.

<sup>3</sup> Corresponde ao intervalo de 3 horas consecutivas, ajustado de comum acordo entre a concessionária e o cliente, situado no período compreendido entre as 18h e 21h e durante o horário de verão e das 19h à 22h.

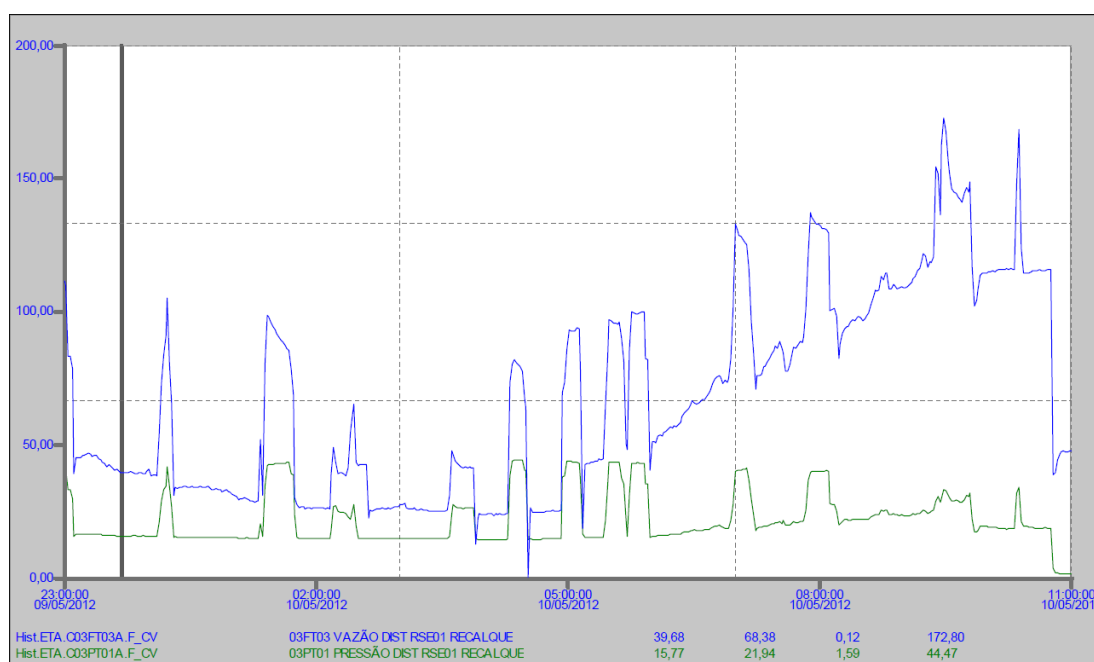
<sup>4</sup> Vazão mínima dentro do intervalo de 1hora que ocorre no período de 00:00 às 04:00 do dia.



**Figura 2: Análise Estatística das Vazões Noturnas Mínimas Diárias do Setor 3 do SAA Apucarana/PR.**

A seguir serão observados alguns casos importantes na operação deste sistema operado remotamente por inversores de frequência:

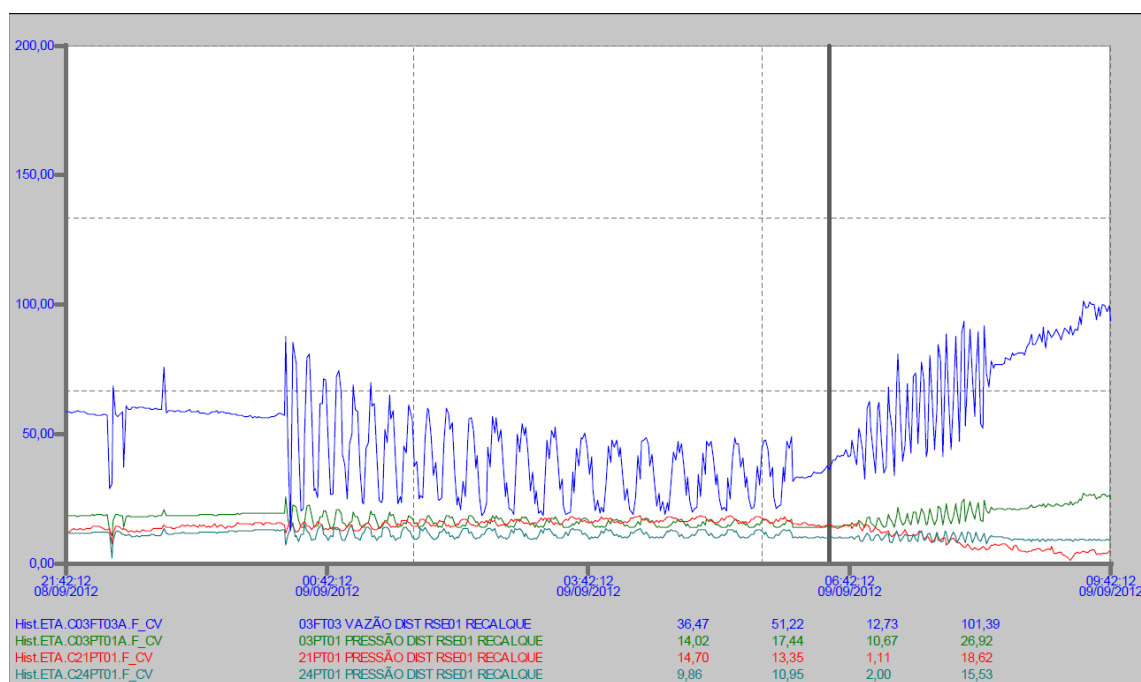
**Caso 01:** A Figura 2 mostra um evento que ocorreu no dia 10/05/2012, onde durante o período da madrugada foi detectado um incêndio próximo a área 24 de controle do inversor durante o período noturno. Com a utilização intermitente deste hidrante neste horário o sensor de pressão detectou queda brusca de vazão, que foi compensada ligando-se os conjuntos de bombeamento em sua vazão máxima. Este fato golpeou sucessivamente a rede de distribuição em pressões noturnas acima de 40 mca, aumentando posteriormente em 7,2 l/s a mínima vazão noturna. Para reestabelecer o quadro atual foram geofonados 250 Km de redes encontrados e consertados 35 redes, 156 ramais e 214 cavaletes, dentro de um período de 4 meses.



**Figura 3: Gráfico de vazão e pressão da elevatória EET02 (setor 3 ) do SAA Apucarana/PR.**

Outro caso semelhante foi o ocasionamento de uma manutenção para conserto na região do sensor de controle do inversor, onde a equipe terceirizada de manutenção não avisou o Centro de Supervisão e Controle sobre o fechamento do setor, ocasionando aumento das pressões do sistema.

**Caso 2:** Apesar dos pontos de controle de medição serem dotados de sistema de expulsão de ar, este não foi projetado para operar como conjunto para eliminação completa de ar na rede de distribuição, como o anel de distribuição necessita de um sistema mais robusto para expulsão do ar, este tempo altera as condições de resposta do inversor a sensibilidade do Sensor (controle PID), gerando ondas de vazão e pressão, onde não é possível operar satisfatoriamente o sistema em baixas vazões (Figura 3), este evento ocorre quando da interrupção de abastecimento do setor cessa, ou de uma manutenção corretiva nos principais anéis onde estão localizados os sensores de controle do inversor.



**Figura 4: Gráfico de vazão e pressão da elevatória EET02, e dos PTs 21 & 24 do Setor 03 do SAA Apucarana/PR.**

**Caso 03:** Redução da frequência mínima noturna de projeto de 40 Hz, para 30 Hz, ocasionou uma redução na pressão de 10 mca no ponto local e de 16 no PT 21 e de 8 mca no PT24 , consequentemente diminuindo a vazão noturna em 4,5 l/s.

## CONCLUSÕES

Dentro de um contexto global, os benefícios gerados pela utilização deste tipo de tecnologia tem retorno rápido e com resultados financeiros não só em consumo de energia elétrica mas na quantidade de água distribuída e perdida. A possibilidade de modulação do sistema permite que em situações de emergências como escassez e alto consumo os volumes sejam distribuídos de acordo a não provocar desabastecimento em todo o setor.

Alguns pontos são peças chaves na concepção e devem ser reavaliados nos projetos como:

- Localização dos sensores de controle;
- Sistema de expulsão de ar nos anéis de distribuição;
- Procedimentos para pré-aviso quando em condições de manutenção dos sensores;

- Avaliação da rede de distribuição quanto a localização de hidrantes próximos dos sensores, ou a possibilidade de grandes consumidores dentro das áreas de controle;
- Verificação das condições de operação durante a madrugada, prevendo setpoints diferenciados durante este período;
- Ajustes dos equipamentos, bem como a sua readequação devem ser pré-avaliados;
- Possibilidade de sistema que avalie a amplitude entre os sensores, para desabilitar o controle deste em eventos de alta vazão inesperada, como rompimentos de anéis e eventos oriundos de incêndios;

A utilização de equipamentos variadores de velocidade deve ser sempre uma alternativa a ser observada na concepção ou adaptação ao sistema existente, quanto a sua viabilidade, e que fatores operacionais devem ser levados em conta para que a obra atinja seu objetivo e mantenha seu foco.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PALADINI, E.P. Controle de Qualidade: uma abordagem abrangente. São Paulo: Atlas, 1990.
2. ZAHED FILHO, K., 1990: Previsão de demanda de consumo em tempo real no desenvolvimento operacional de sistemas de distribuição de água. São Paulo,. 135p. Tese de Doutorado. EPUSP.
3. MONACHESI, M. G. *et al* – Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento – Manual Prático, MME - Ministério de Minas e Energia, Eletrobrás – Procel, Brasília, 2010.
4. VASILIO, V. A. A. ; JORGE, L. M. M. , Gestão de Volumes Horários como Ferramenta no Auxílio a Produção Otimizada de Água Potável. SIMPGEU – Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Maringá, 2009.