



80 - AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DE UMA MICROTURBINA INSTALADA EM PARALELO COM VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO (VRPs) EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Anderson Augusto Serodio

Engenheiro Eletricista (2008). MBA em Automação Industrial pelo PECE-Poli-USP (2019). Engenheiro da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo desde 2012. Tel: +55 (11) 3386-9820 - e-mail: aserodio@sabesp.com.br.

Andrea Regina Venancio da Silva

Engenheira Civil (2003). MBA em Gestão Estratégica e Econômica de Projetos pela FGV (2009) e MBA em gestão empresarial pela FIA (2017). Gerente de Divisão de Controle de Perdas da Unidade de Negócios Oeste - SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Tel: +55 (11) 3838-6300 - e-mail: andreasilva@sabesp.com.br.

Antonio Boalor Leite Ramos

Engenheiro Civil (2013). Técnico em Serviços de Saneamento da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo desde 1992. Tel: +55 (11) 3838-6363 - e-mail: abramos@sabesp.com.br.

Iara Regina Soares Chao

Engenheira Civil (1987). Especialista em controle de poluição pela Faculdade de Saúde Pública da USP (1994) e mestre em engenharia hidráulica e sanitária pela Escola Politécnica da USP (2006). Engenheira da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo desde 1998. Tel: +55 (11) 3388-9422 - e-mail: ichao@sabesp.com.br.

Endereço: Rua Costa Carvalho, 300 – Pinheiros – São Paulo – SP – CEP: 05429-900 – Brasil – Tel: +55 (11) 3386-9820 - e-mail: aserodio@sabesp.com.br.

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo avaliar o potencial de microgeração e aproveitamento de energia elétrica através da instalação de uma microturbina em paralelo com válvulas redutoras de pressão (VRP) de redes de distribuição de água. Verificou-se que a microturbina tem capacidade de gerar energia elétrica a partir do fluxo de água em tubulações de água tratada e, desta forma, atender a demanda de energia de consumo dos dispositivos eletrônicos utilizados no monitoramento e controle da rede hidráulica. Essa tecnologia pode trazer inúmeros benefícios na melhoria dos serviços prestados a população pela possibilidade de instalação de equipamentos de monitoramento em tempo real melhorando a qualidade do sistema de abastecimento de água otimizado do ponto de vista energético e hidráulico.

PALAVRAS-CHAVE: MICROTURBINA, MICROGERAÇÃO, REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA, VRP, EFICIENCIA ENERGÉTICA, FONTES RENOVAVEIS DE ENERGIA.

1. INTRODUÇÃO

As crescentes inovações tecnológicas dos últimos anos, associadas as necessidades de equacionamento das questões econômicas e socioambientais impulsionam a busca por eficiência energética e novas formas de produção de energia que proporcionem melhoria dos serviços e a universalização do saneamento básico. Nesse contexto, tem crescido no meio técnico o conceito de aplicação de microgeração, que é a produção em pequena escala e próxima ao local de consumo como uma ferramenta imprescindível de uso racional de energia e auto sustentabilidade, com o objetivo de atingir a máxima eficiência energética das instalações com a melhor gestão de recursos e minimização de desperdícios.

As válvulas redutoras de pressão (VRPs) são dispositivos mecânicos instalados em pontos estratégicos da rede de distribuição de água, com o objetivo de gerar uma perda de carga localizada de forma a reduzir a pressão na rede a sua jusante. A redução de pressão nas redes de distribuição, através do uso de VRPs é uma das principais ações de combate às perdas reais, uma vez que a pressão da rede influencia o número e a vazão de vazamentos. No entanto, a energia dissipada por esse processo é totalmente dispersa sem qualquer aproveitamento energético. É importante ressaltar que quando há grande variação de vazão na tubulação há necessidade de modular a pressão à jusante da VRP ao longo das horas do dia, através da implementação de um equipamento eletrônico



previamente programado denominado controlador de VRP. O controlador de VRP atua, através de válvulas solenoides, diretamente sobre o circuito hidráulico da cabeça da VRP. Sua função é ajustar a pressão a jusante, conforme a necessidade, podendo atuar com modulação por tempo, por vazão ou pela pressão do ponto crítico. Além de modular a pressão na saída da VRP, os controladores eletrônicos possuem canais para sensores de pressão a montante e a jusante da VRP e para monitoramento de vazão de rede. O monitoramento dos parâmetros hidráulicos gera dados que são armazenados pelo controlador de VRP em um *datalogger* interno. Controladores de VRP que possuem sistema de telemetria disponível transmitem os dados monitorados, e armazenados em seu *datalogger*, para aplicação de supervisão do próprio sistema. Instalados em poços de visita nos passeios ou na própria via, os controladores eletrônicos em geral não possuem energia de concessionária disponível e dependem de baterias para operarem normalmente. A vida útil das baterias não recarregáveis varia conforme a atuação de controle através de válvulas solenoides, bem como o monitoramento de parâmetros hidráulicos, e transmissão de dados. A fim de reduzir o consumo de energia da bateria e prolongar sua vida útil, os controladores de VRP são configurados para transmitir os dados monitorados em intervalos bastante espaçados, normalmente de seis em seis horas. Essa questão de ausência de recarregamento da bateria dos controladores de VRP é um dos principais entraves e um fator impeditivo ao monitoramento em tempo real.

É nesse contexto de limitação de energia das baterias que foram prospectadas alternativas de microgeração de energia com a capacidade de suprir a demanda de consumo energético dos controladores de VRP e da instrumentação associada. Além de permitir o monitoramento em tempo real, essa alternativa estudada de uso racional de energia local pelo aproveitamento da energia dissipada pelas VRP's podem trazer inúmeros benefícios na melhoria de serviços prestados à população pela inserção de novos parâmetros de controle de qualidade de água e rapidez na intervenção quando necessária.

2. OBJETIVO

Avaliar o potencial de microgeração de uma microturbina em paralelo com uma VRP, instalada em rede de distribuição de água, o aproveitamento da energia gerada e seus impactos operacionais de instalação.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada consistiu na avaliação do comportamento de uma microturbina hidrogeradora através de um teste piloto em escala real, implantado em paralelo com uma VRP de 150 mm. A instalação está localizada na Rua Matão, Cidade Universitária da USP, pertencente a Unidade de Negócios Metropolitano Oeste da SABESP-Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. O teste piloto foi iniciado em 06 de novembro de 2018 e finalizado em 08 de maio de 2019, totalizando pouco mais de seis meses de testes.

3.1. Escolha da VRP

De maneira geral, a definição de uma VRP adequada para instalação de uma microturbina hidrogeradora, do mesmo modelo que a utilizada no teste piloto deste trabalho, deve atender os seguintes requisitos:

- Diferença de pressão entre montante e jusante da VRP de no mínimo 10mca;
- Vazão mínima de 0,5L/s;
- Existência de equipamento de medição que exija fonte de energia para alimentação.

A VRP Matão foi escolhida por atender os requisitos mínimos mencionados pelo fabricante, conforme abaixo:

- A VRP em estudo reduz a pressão de montante de 70 mca para 30 mca de jusante, garantindo uma diferença manométrica mínima de 10 mca exigida pelo fabricante.
- Vazão superior à 0,5L/s em quase a totalidade das horas do dia;
- Utilização de um controlador eletrônico para garantir a modulação de pressão variável ao longo do dia, o que justificaria a necessidade de autossuficiência energética para que fosse possível avaliar os ganhos econômicos e ambientais do uso racional da energia dissipada nas VRP's para alimentação das baterias.

3.2. Escolha e Características da Microturbina para o teste piloto em escala real

Para a escolha da microturbina geradora, avaliou-se entre os vários modelos existentes no mercado, os que causariam menos impactos operacionais. Verificou-se que pequenas turbinas com capacidade de microgeração para consumo local podem ser instaladas em série, seccionando a rede de distribuição à montante da VRP, ou em paralelo com a VRP, facilitando a instalação e manutenção da própria turbina. Optou-se pela utilização

do modelo que não exige o corte de tubulação por ser menos invasivo e, portanto, menos problemas operacionais em sua implantação.

As condições de trabalho exigidas e as características técnicas da microturbina avaliada no teste piloto seguem abaixo, conforme tabela 1.

Tabela 1: Especificações técnicas

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo de gerador	Brushless
Tensão nominal de saída	12 Vcc
Corrente máxima de saída	2 A
Potência máxima	25 W
Capacidade permitida para bateria	9 – 45 Ah
Tensão mínima da bateria	10,5 V
Pressão nominal máxima	100 mca (PN10)
Vazão mínima	0,5 L/s
Grau de proteção	IP68
Diâmetro das conexões hidráulicas	BSPP 1”
Peso	2,5 kg
Dimensões	130x145x195 mm
Saídas digitais	vazão e status de carga
Conexões elétricas	conectores militares de engate rápido
Temperatura de trabalho	-20 a +60 °C
Umidade de trabalho	10 a 90 %

(Fonte: Adaptado de <https://tecnoturbinas.com/turbinas-cargade-bateria/picoturbina>)

3.3. Formas e adequação da instalação

A microturbina foi instalada em paralelo com a VRP Matão, conforme figura 1. Foram utilizados dois colares de tomada, sendo um a montante e outro a jusante, para realizar o *by-pass* na qual a microturbina foi instalada.

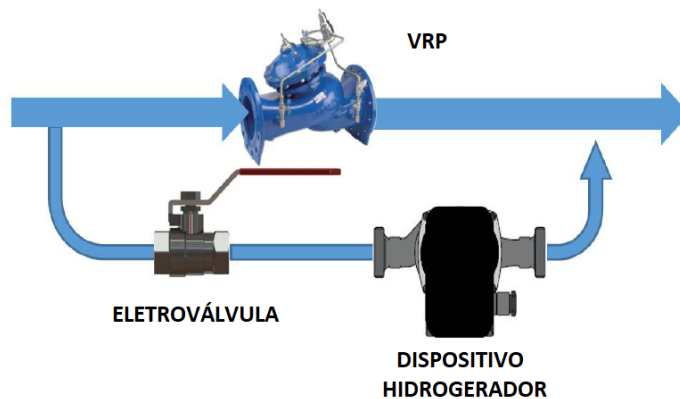
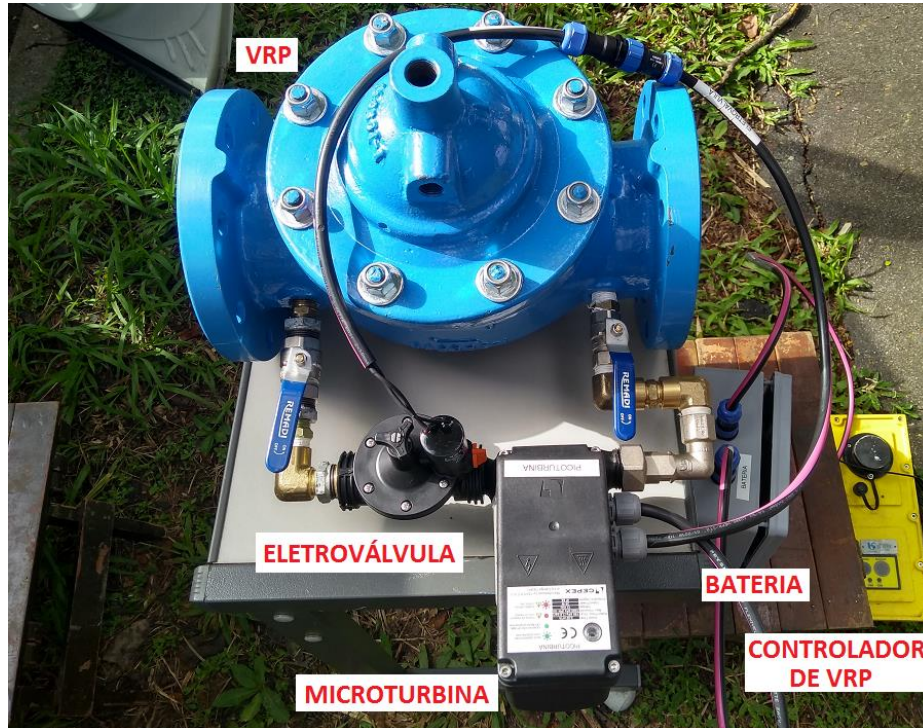


Figura 1: Instalação da microturbina

(Fonte: Adaptado de <https://tecnoturbinas.com/turbinas-cargade-bateria/picoturbina>)

Outra forma de instalar a microturbina é através das tomadas de pressão no próprio corpo da VRP, conforme figura 2.



**Figura 2: Instalação da microturbina através das tomadas de pressão da VRP
(Foto: Autor)**

A instalação da microturbina do teste piloto na VRP Matão, realizada com colares de tomada, tem como vantagem, em relação à instalação da figura 2, permitir que a microturbina seja instalada na parede do poço de visita, mantendo afastada a microturbina e seus acessórios da tubulação hidráulica.

3.4. Funcionamento do equipamento e Adaptações necessárias ao modo Operacional

Para atingir os objetivos propostos neste trabalho, a microturbina instalada na VRP Matão foi conectada ao controlador eletrônico da VRP em substituição à bateria que o alimentava. Desta forma foi possível analisar o potencial de microgeração da microturbina e também o aproveitamento da energia por parte do controlador da VRP Matão.

A microturbina do teste piloto é composta por um dispositivo hidrogerador, uma eletroválvula e uma bateria. O dispositivo hidrogerador é responsável por gerar eletricidade a partir de um fluxo de água em um diferencial de pressão gerado pela VRP e essa energia gerada é responsável por carregar a bateria estacionária de 12V. A eletroválvula atua a fim de evitar o desgaste desnecessário do dispositivo hidrogerador, permitindo a passagem de água pela microturbina apenas quando há a necessidade de gerar energia para recarregar a bateria. Quando a bateria está totalmente carregada a eletroválvula fecha o by-pass e a água deixa de circular pelo dispositivo hidrogerador.

A eletroválvula permanece fechada, impedindo o fluxo de água pelo by-pass da microturbina, quando a bateria estiver totalmente carregada. Há duas condições na qual a eletroválvula se abre e permite que a microturbina atue dando início à recarga da bateria, como mostra a figura 3:

- Início programado: a eletroválvula se abre permitindo a atuação da microturbina quando a tensão da bateria estiver há 5 minutos abaixo da tensão 12,5 Vcc (V3 da figura 3);
- Início imediato: a microturbina é ativada imediatamente, através da abertura da eletroválvula, no momento em que a tensão da bateria estiver abaixo da tensão 12,2 Vcc (V2 da figura 3);

GESTÃO DE TENSÃO DA BATERIA

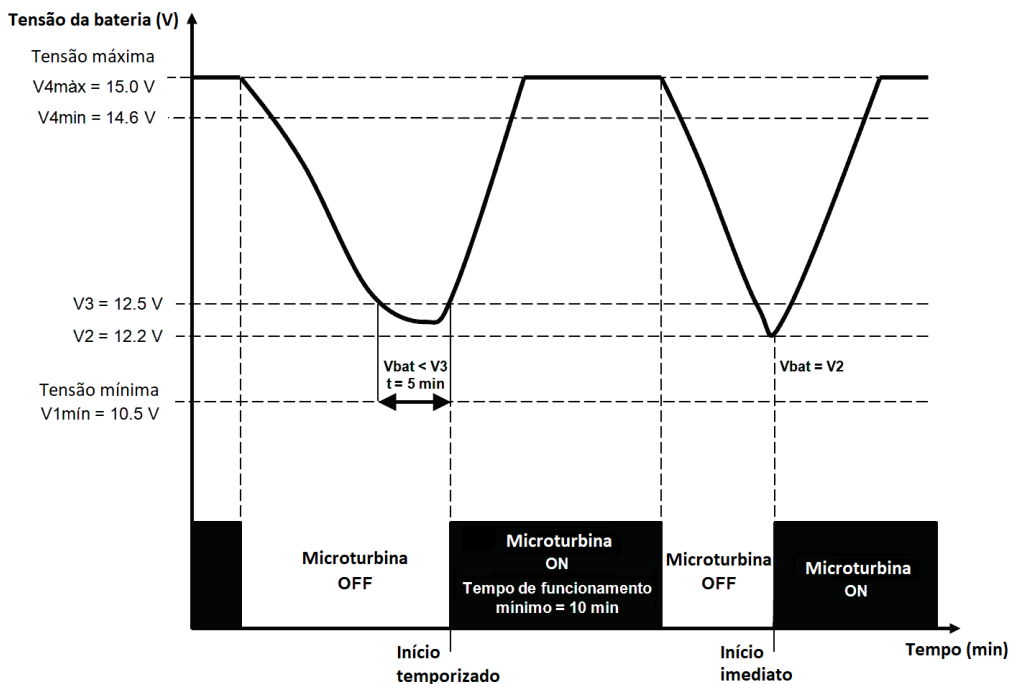


Figura 3: Gestão de tensão da bateria

(Fonte: Adaptado de <https://tecnoturbinas.com/turbinas-cargade-bateria/picoturbina>)

É importante ressaltar que por se tratar de equipamento importado, várias condições precisaram ser adaptadas a nossa realidade. Foram necessárias adaptações que blindassem tanto as conexões como a bateria, pois os poços de visita eventualmente poderiam sofrer inundações.

Independentemente da forma de instalação, seja por colares de tomada na tubulação à montante e jusante da VRP ou através das próprias tomadas de pressão no corpo da VRP, os conectores militares de engate rápido para conexões elétricas facilita a instalação e a manutenção. Da mesma forma, a instalação hidráulica da microturbina num *by-pass* paralelo à VRP também favorece a mão-de-obra para instalação e manutenção, quando comparada às tecnologias que são instaladas diretamente na rede e dependem de seccionamento da rede hidráulica. O acondicionamento do equipamento na parede do poço de visita foi uma alternativa muito bem recebida pela equipe operacional, pois blindou o equipamento contra intempéries e contra algum acidente quando da manutenção da rede. Na figura 4 mostra-se a adaptação numa caixa UMA - Unidade de Medição de Água, que protegeu bem o sistema.



**Figura 4: Instalação da microturbina na VRP Matão
(Foto: Autor)**

4. RESULTADOS OBTIDOS

Verifica-se através dos resultados que essa tecnologia tem grande potencial e pode consolidar-se como um meio eficaz de gestão de energia e oferta de novos serviços. Além de permitir o monitoramento em tempo real, essa alternativa de uso racional de energia local pelo reaproveitamento de energia desperdiçada pelas VRP's podem trazer inúmeros benefícios na melhoria dos serviços prestados à população, como por exemplo, possibilitar a instalação de equipamentos de monitoramento do controle de cloro e outros parâmetros físicos e químicos de importância para a qualidade de água, medidores de vazão, pressão e de ruído são exemplos de equipamentos que também podem ser alimentados pela microturbina.

Em pleno funcionamento a microturbina hidrogeradora do projeto piloto é capaz de gerar 25W de potência com tensão de 12V. Para atender esta capacidade de geração é exigida uma vazão mínima de 0,5L/s e queda de pressão sobre a VRP de no mínimo 10mca. A energia gerada é armazenada em uma bateria recarregável, capaz de alimentar o controlador de VRP com maior autonomia e permitir transmissões a cada dez minutos.

Atualmente, para alimentar os controladores de VRP, são utilizadas baterias não recarregáveis com vida útil de no máximo dois anos, para monitoramento contínuo e transmissão dos dados a cada seis horas. Com a instalação de uma microturbina na VRP a disponibilidade do equipamento controlador de VRP é maior, uma vez que não há mais necessidade de manutenção para substituição da bateria do controlador.

Outra vantagem propiciada pela utilização da microturbina na VRP Matão foi a diminuição do período de transmissão de dados de 6 em 6 horas para intervalos 10 em 10 minutos. Com esse intervalo menor de tempo, para a transmissão de dados e monitoramento praticamente em tempo real com possibilidade de detecção de anomalias nos equipamentos e rede hidráulica com antecedência, a gestão operacional se torna muito mais eficiente por antecipar ações e rapidez nas tomadas de decisão.

Na tela de supervisão do controlador de VRP, mostrado na figura 5, verifica-se que os parâmetros de volume e vazão estão “zerados” devido ao fato de que no local não há um instrumento para medição de vazão. Com esse sistema de recarga de bateria esse seria um dos parâmetros que poderiam ser monitorados com a oferta de energia propiciada pela microturbina hidrogeradora. Na mesma tela, exibida na figura 5, o parâmetro com o rótulo de “*Battery External*” representa a informação do nível da bateria da microturbina, monitorada e transmitida pelo controlador da VRP.

47641165 - VRP 202 Matão

89551180137003316625 (Vivo)
Rua Matão (Botânica) - Sao Paulo - SP



Figura 5: Aplicação do controlador de VRP Vectora
(Fonte: Adaptado da aplicação do controlador de VRP Vectora)

Com o monitoramento do nível da bateria através da aplicação do controlador de VRP os dados podem ser utilizados para verificação do tempo de atuação da microturbina.

O gráfico da figura 6 apresenta o nível de tensão da bateria da microturbina durante um dia de operação. Nota-se que o nível da bateria inicia o dia pouco acima de 12,5V. Nas primeiras horas do dia a curva apresenta uma leve inclinação, que corresponde à descarga da bateria da microturbina. Essa descarga, visualizada através da diminuição sutil do nível de tensão, é consequência do consumo de energia pelo controlador de VRP, alimentado pela bateria da microturbina hidrogeradora.

Do mesmo gráfico é possível notar que às 5:00hs da manhã, posição indicada na figura 6 pela barra vertical vermelha, o nível de tensão indica 12,3V. Esse nível de tensão está acima dos 12,2V, condição responsável por abrir a eletroválvula e permitir a atuação da microturbina imediatamente, mas pela programação de fábrica da microturbina hidrogeradora, a eletroválvula também é aberta na condição em que o nível de tensão da bateria permanece por 5 minutos abaixo de 12,5V. É neste momento que tem início a atuação da microturbina e consequentemente a recarga de sua bateria. Essa recarga é representada pelo salto do nível de tensão do gráfico da figura 6, que sai de 12,3V para um nível de tensão entre 14,5V e 15V. Esse nível de tensão mais elevado representa a tensão imposta pela microturbina para recarga da bateria.

Quando a bateria se encontra completamente recarregada há uma queda repentina do nível de tensão. Essa queda representa o fechamento da eletroválvula, impedindo a atuação da microturbina. Neste instante o nível de tensão baixa de aproximadamente 15V (tensão de recarga imposta pela microturbina) para um valor de tensão entre 12,5V e 13V (nível de tensão da bateria completamente carregada).

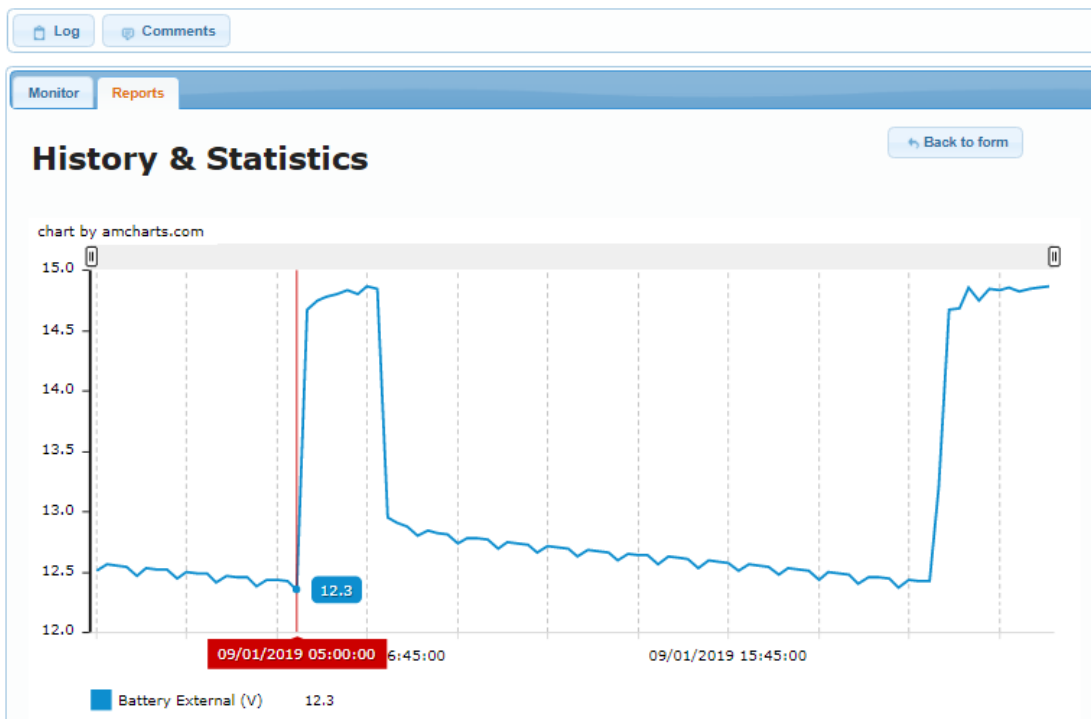
Essa dinâmica de atuação da microturbina hidrogeradora e seus acessórios é cíclica, como pode ser observada pelo tempo que se segue, onde o nível de tensão do gráfico da figura 6 novamente é rebaixado lentamente até o fim do dia, onde novamente por volta de 12,5V a eletroválvula é reaberta e a microturbina reativada para nova recarga da bateria.



47641165 - VRP 202 Matão

89551180137003316625 (Vivo)

Rua Matão (Botânica) - Sao Paulo - SP



**Figura 6: Nível da bateria da microturbina na aplicação do controlador de VRP
(Fonte: Adaptado da aplicação do controlador de VRP Vectora)**

Do gráfico da figura 6 pode-se notar que a microturbina atuou por pouco tempo ao longo das 24 horas do dia, permanecendo inativa a maior parte do tempo. Desta análise conclui-se que a bateria da microturbina pode alimentar mais dispositivos além do controlador de VRP.

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A microturbina avaliada neste teste piloto tem como vantagem a simplicidade na instalação, pois não necessita do seccionamento da tubulação da rede de distribuição. Outra vantagem é o fato de garantir aos controladores de VRP, anteriormente alimentados por baterias externas e não recarregáveis, maior autonomia para o controle da VRP, monitoração de parâmetros hidráulicos e transmissão dos dados monitorados. Essa maior autonomia pôde ser observada com a redução do intervalo de transmissão de dados, que sem a microturbina ocorria apenas a cada 6 horas, para garantir uma vida útil da bateria de até 2 anos. Com a adoção da microturbina para microgeração de energia elétrica e alimentação do controlador de VRP, essa limitação deixou de existir e as transmissões de dados foram configuradas para cada 10 minutos. A maior autonomia dos controladores de VRP propiciam maior eficiência operacional, por permitir um monitoramento da VRP, verificação de anomalias na rede de distribuição e atuação sobre a VRP praticamente em tempo real. Além da maior eficiência operacional, as microturbinas hidrogeradoras garantem ainda um ganho ambiental, pois substituem as baterias não recarregáveis, diminuindo o consumo de matéria não renovável.

6. CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A microgeração de energia em redes de distribuição de água para consumo no local, traz além de melhorias operacionais, como apresentado neste trabalho, uma solução que atende aos conceitos de eficiência energética, uma vez que a microgeração de energia elétrica faz uso de uma fonte de energia que seria desperdiçada no processo, através da redução de pressão imposta pela VRP, trazendo benefícios econômicos e sócio ambientais na busca de melhor competitividade no mercado globalizado.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.SABESP. (2016). “Norma Técnica SABESP - NTS 299 - Válvula Redutora de Pressão Tipo Globo - DN 50 a 600”. São Paulo. Disponível em : <http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/NTS299.pdf>. Acesso em 10/05/2019
- 2.Gonçalves, E., & Lima, C. V. (2007). “Guias práticos: Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água - Volume 4 - Controle de pressões e operação de válvulas reguladoras”. Brasília: Ministério das Cidades - Governo Federal. Disponível em: <http://www.capacidades.gov.br/biblioteca/detalhar/id/202/titulo/guias-praticos-tecnicas-de-operacao-em-sistemas-de-abastecimento-de-agua-volume-4> Acesso em 10/05/2019
- 3.TECHNOTURBINES POWERING WATER Disponível em <https://tecnoturbinas.com/turbines-connected-to-the-grid/micro-regen?lang=en> <https://tecnoturbinas.com/turbinas-cargade-bateria/picoturbina> Acesso em 10/05/2019
- 4.LIMA, G.M " Microgeração em sistemas de abastecimento de água " (2013) Dissertação apresentada a Universidade federal de Itajubá para obtenção do título de mestrado. Itajubá, MG, 2013 Disponível em : <https://saturno.unifei.edu.br/bim/0039909.pdf> Acesso em 10/05/2019
- 5.RAMOS,H; COVAS, D; ARAÚJO, L "Válvulas redutoras de pressão e produção de energia" (2004)Disponível em : <http://www.aprh.pt/congressoagua2004/PDF/114.PDF> Acesso em 10/05/2019