AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE REAL DE PRODUÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE PATO BRANCO – PR.

Romulo Ruiz Gasparini [(1)]
Engenheiro de Desenvolvimento Operacional da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) – Unidade Regional de Pato Branco (URPB). Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Especialista em Gestão e Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestre em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Cursando Especialização em Gestão Empresarial pela Faculdade de Pato Branco (FADEP).

Marcos Antonio Fávaro [(2)]
Engenheiro de Desenvolvimento Operacional da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) – Unidade de Serviço de Desenvolvimento Operacional (USDO). Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Marcelo D. Depexe [(3)]
Engenheiro de Desenvolvimento Operacional da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) – Unidade de Serviço de Desenvolvimento Operacional (USDO). Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Endereço[(1)]: Rua Clarice Soares Cerqueira, nº 185 – Bairro Santa Terezinha – Pato Branco – Paraná – Brasil – C.E.P.: 85501-140 – Telefone: +55 (46) 3902-1819 – Fax: +55 (46) 3902-1824 – E-mail: romulorg@sanepar.com.br

RESUMO

Este artigo vem apresentar o trabalho desenvolvido pela Companhia de Saneamento do Paraná para a ampliação, em 20,61%, da Capacidade Real de Produção do Sistema de Abastecimento de Água de Pato Branco, em um curto período de tempo. Havia a necessidade que a ampliação da Capacidade de Produção fosse ágil devido à realização de rodízio no abastecimento de água no verão do ano de 2010, em função de dias seguidos de alta demanda, o que gerou a insatisfação dos clientes de toda a cidade e região, de modo que este cenário não ocorresse no verão do ano de 2011. Para possibilitar esta ampliação, foram desenvolvidos estudos e medições em todo o Sistema Produtor, identificando os gargalos existentes e propondo as melhorias necessárias. Ainda está previsto um novo incremento da Capacidade de Produção em 2ªetapa, a qual ampliará o horizonte do Sistema Produtor para o ano de 2019.

PALAVRAS-CHAVE: Ampliação da Capacidade Real de Produção de Sistemas de Água, Melhoria em Adutora de Água Bruta, Pato Branco.

INTRODUÇÃO

A cidade de Pato Branco, localizado na Região Sudoeste do Estado do Paraná, está a 437 km de Curitiba. Conforme o Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, realizado no ano de 2.010, a população municipal está assim distribuída:

- População Urbana: 68.093 hab;
- População Rural: 4.280 hab;
- Total da População: 72.373 hab.

O abastecimento com água tratada e esgotamento sanitário, da população urbana, é realizado pela Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar. Atualmente, os índices de atendimento com água tratada e de atendimento com esgotamento sanitário estão em 100% e 80%, respectivamente.

No ano de 2009, a Capacidade Real de Produção do SAA Pato Branco, ou seja, o volume de água tratada máximo disponibilizado ao sistema, era de 12.576 m³/dia (524 m³/h). A Figura 01 mostra as demandas médias e máximas diárias, juntamente com a Capacidade Real de Produção, ocorrida nos meses do ano de 2009.

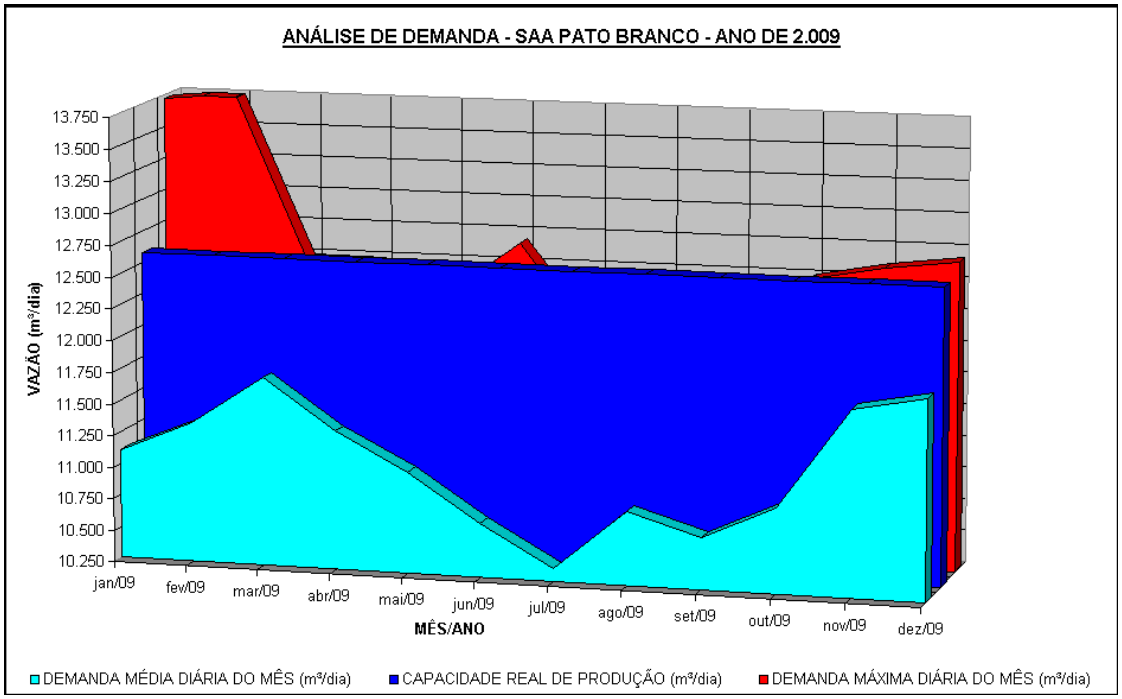


Figura 01: Demandas Médias e Máximas Diárias x Capacidade Real de Produção do SAA Pato Branco, para o ano de 2.009.

Conforme pode ser observado na Figura 01, houve um déficit de produção, nos dias de maior consumo, nos meses de janeiro, de fevereiro, de junho, de novembro e de dezembro, sendo estes déficits, respectivamente, de 1.140 m³/dia, de 1.203 m³/dia, 109 m³/dia, de 34 m³/dia e de 105 m³/dia, o que era compensado pelo excedente de reservação do sistema. Esta situação exigia atenção para a operação do Sistema Produtor, pois era necessário que os reservatórios permanecessem com o nível de água no máximo. Este cenário gerava uma situação de risco permanente de desabastecimento, em função da possibilidade de ocorrência de dias seguidos de alta demanda, o que não permitiria a manutenção dos níveis de reservação.

No verão do ano de 2010, em função de dias seguidos de alta demanda, houve a necessidade de realização de rodízio no abastecimento em dois momentos distintos, o que gerou a insatisfação dos clientes de toda a cidade e região. Em função desta situação, a Sanepar desenvolveu melhorias no Sistema Produtor para ampliar a sua vazão operacional em 30 l/s, totalizando assim em 15.168 m³/dia a Capacidade Real de Produção Diária, capacidade esta suficiente para atendimento do crescimento da demanda para os próximos 04 anos, tempo este suficiente para desenvolvimento de projeto e obra para ampliação global do sistema. Este artigo objetiva apresentar as melhorias realizadas para a ampliação da Capacidade Real de Produção do SAA Pato Branco.

DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O SAA Pato Branco é abastecido pelo manancial superficial Rio Pato Branco. A Bacia Hidrográfica de contribuição do manancial possui uma área de 153,81 km² e está compreendida em 03 municípios, sendo eles:

- Mariópolis;
- Pato Branco;

- Vitorino.

A vazão outorgada de utilização manancial é de 658 m³/h, para um período de utilização de 24 h/dia, totalizando um volume diário de 15.792 m³/dia. Conforme análise da Q_{95} do manancial, a vazão máxima outorgável pode ser elevada para até 830 m³/h, totalizando um volume diário de 19.920 m³/dia.

A Captação Rio Pato Branco é composta por um Baixo Recalque, uma Câmara de Pré-sedimentação e um Alto Recalque. O Baixo Recalque possui uma Câmara de Sucção instalada em nível com manancial, as quais estão instaladas, no interior desta câmara, 03 conjuntos motor-bomba submersível, sendo 01 reserva, com potência de 15 CV/cada, cujo ponto operacional é de 7 m.c.a. e de 326 m³/h.cada. Para controle da vazão, as bombas do Baixo Recalque possuem inversor de freqüência. As águas recalcada do Baixo Recalque são encaminhadas para a Câmara de Pré-sedimentação, cujo seu nível de fundo está acima do nível de enchente do manancial para proporcionar a sua descarga de fundo. Após a passagem por esta câmara, as águas são encaminhadas, por gravidade, para a Câmara de Sucção do Alto Recalque. O Alto Recalque é composto por 03 conjuntos motor-bomba centrífugo de eixo horizontal, sendo 01 reserva, com potência de 300 CV/cada, cujo ponto operacional é de 210 m.c.a. e 262 m³/h.cada. O eixo das bombas está abaixo do nível de entrada de água na câmara de sucção, de modo a evitar problemas com a escorva das bombas.

A Adutora de Água Bruta, que interliga a Captação à Estação de Tratamento de Água (ETA), possui uma extensão total de 12.458 metros, estando dividida em 03 trechos distintos, conforme a seguir:

1° Trecho
- Unidade Operacional de Montante: Alto Recalque da Captação Rio Pato Branco;
- Unidade Operacional de Jusante: 1° Stand-pipe;
- Desnível Geométrico do Trecho: - 190 metros (Escoamento por Recalque);
- Extensão do Trecho: 4.676 metros;
- Material e Diâmetro da Tubulação do Trecho: FD DN 450.

2° Trecho
- Cota da Unidade Operacional de Montante: 877 metros;
- Cota da Unidade Operacional de Jusante: 858 metros;
- Desnível Geométrico do Trecho: 19 metros (Escoamento por Gravidade);
- Extensão do Trecho: 4.380 metros;
- Material e Diâmetro da Tubulação do Trecho: FD DN 450.

3° Trecho
- Unidade Operacional de Montante: 2° Stand-pipe;
- Unidade Operacional de Jusante: ETA Rio Pato Branco;
- Desnível Geométrico do Trecho: 44 metros (Escoamento por Gravidade);
- Extensão do Trecho: 3.402 metros;
- Material e Diâmetro da Tubulação do Trecho: FD DN 350.

A ETA Rio Pato Branco é do tipo "convencional", executada em concreto, com vazão operacional de 524 m³/h. O agente coagulante utilizado no processo é o PAC (Policloreto de Alumínio). O floculador é do tipo "mecânico", composto por 04 canais e o decantador é do tipo "placas paralelas", também composto por 04 canais. O processo de filtração ocorre em 10 filtros de fluxo descendente, cuja vazão nominal pode chegar em até 756 m³/h.

A reservação de água é realizada em 14 reservatórios distribuídos no sistema (07 apoiados, 04 elevados e 03 semi-enterrados), totalizando um volume útil de aproximadamente 6.300 m³. Este volume útil de reservação é superior, em mais de 2.000 m³, em comparação ao 1/3 do Consumo Máximo Diário, parâmetro este utilizado para dimensionamento do volume de reservação de sistemas. Destes reservatórios, 02 reservatórios apoiados, localizados na área da ETA Rio Pato Branco, são considerados os "pulmões" do sistema, a qual realizam a distribuição para todas as regiões da cidade, com um volume útil de aproximadamente 3.750 m³.

Para o abastecimento de toda a cidade, existe um total de 370 mil metros de rede de distribuição de água em vários diâmetros (DN 50 a DN 300). A Sanepar utiliza, em suas redes de distribuição, tubulações com diâmetro mínimo de 50 mm. Esta rede está distribuída em 45 Zonas de Pressão (12 zonas por booster, 22 zonas por válvula redutora de pressão, 08 zonas por recalque e 03 zonas por gravidade), devido ao relevo

acidentado do sistema, como pode ser observado no Mapa Hipsométrico da Cidade, conforme apresentado na Figura 02.

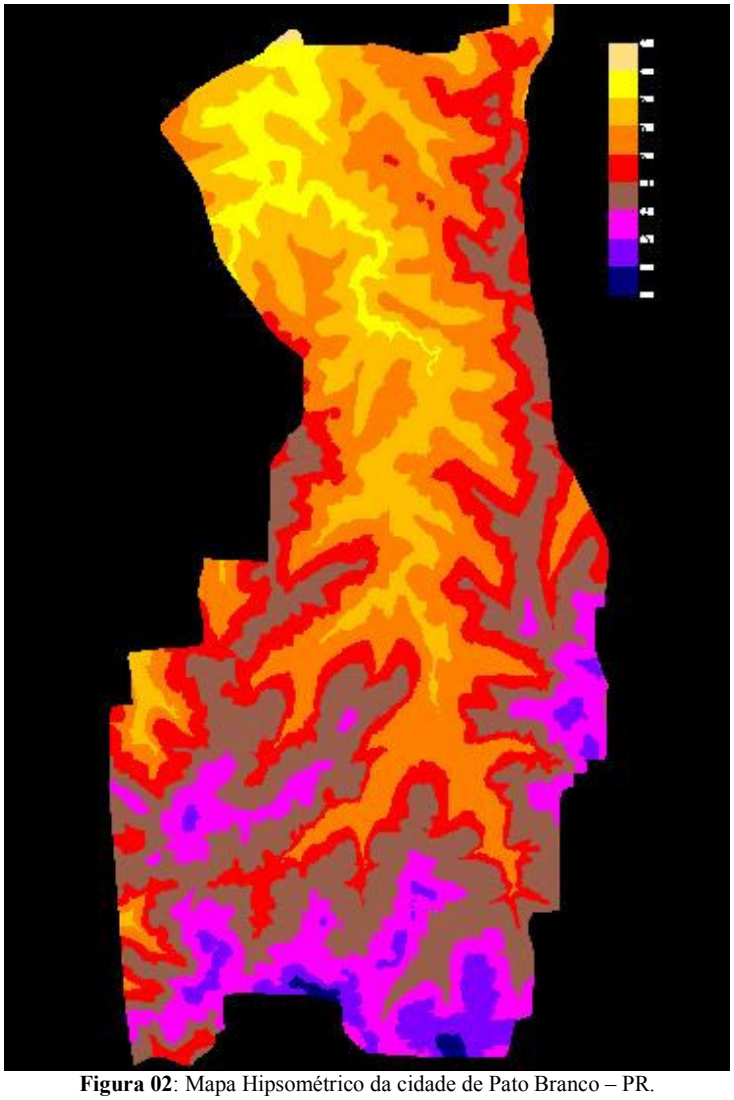


Figura 02: Mapa Hipsométrico da cidade de Pato Branco – PR.

Neste mapa hipsométrico, as curvas de nível são apresentadas em 30 em 30 metros, sendo representadas em cores. A cota inferior do núcleo urbano está próximo aos 690 metros (cor amarela), enquanto a cota superior está próximo aos 930 metros (cor azul), ou seja, há um desnível geométrico de aproximadamente 240 metros. Esta questão do relevo acidentado da cidade reflete no consumo de energia elétrica do sistema, devido a grande necessidade de bombeamento, sendo que, o consumo específico de energia elétrica do SAA Pato Branco, está em 1,25 kWh/m³ de água tratada, consumo este elevado, em comparação ao índice da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp, que, segundo Tsutiya (2006), é de 0,60 kWh/m³ de água tratada.

O número de ligações totais abastecidas, no final do ano de 2009, foi de 18.628 lig, enquanto o número de economias totais abastecidas foi de 24.671 econ. Já para o ano de 2010, o número de ligações totais abastecidas foi de 19.670 lig, enquanto o número de economias totais foi de 25.990 econ. O índice de perdas no processo de distribuição, para o ano de 2009, do SAA Pato Branco, foi de 121,68 l/lig.dia, equivalente a 20,37% da produção. Já para o ano de 2010, o índice de perdas na distribuição foi de 107,79 l/lig.dia, equivalente a 18,36% da produção.

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES REALIZADAS PARA A AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE REAL DE PRODUÇÃO

Para a ampliação da Capacidade Real de Produção do Sistema, inicialmente foi realizado o cadastramento, geo-referenciado, da Adutora de Água Bruta, em planta e perfil, no final do ano de 2009. Esta adutora foi executada no início da década de 1980 e não havia um cadastro confiável. Neste cadastramento, foram realizadas em torno de 30 sondagens, para a identificação do material, diâmetro e recobrimento da tubulação do trecho. Ainda durante o cadastramento, foram identificados todos os dispositivos operacionais da adutora (ventosas, descargas e estações pitométricas).

Após o trabalho de cadastramento, foi realizado um trabalho de monitoramento da adutora, monitoramento este realizado em março de 2010. Neste monitoramento, foram realizadas leituras de pressão junto às ventosas, através da instalação de *loggers* de pressão. No barrilete dos conjuntos motor-bomba do Alto Recalque, foi instalado um manômetro para o monitoramento da pressão de recalque. Ainda foi acompanhado, visualmente, o nível de água junto à Câmara de Sucção do Alto Recalque, junto ao 1° e ao 2° Stand-pipes e junto à câmara de início do processo de tratamento. Em cada um dos 03 trechos da adutora, foram realizados trabalhos de pitometria, para uma mesma condição de vazão. Todo este trabalho foi realizado para as 03 combinações possíveis dos conjuntos motor-bomba existentes no Alto Recalque da Captação Rio Pato Branco. Em paralelo a este trabalho, foram realizadas medições dos parâmetros elétricos dos referidos conjuntos. A Figura 03 apresenta o perfil da adutora, com base no trabalho de cadastramento da mesma e a linha de pressão, com base do levantamento de campo.

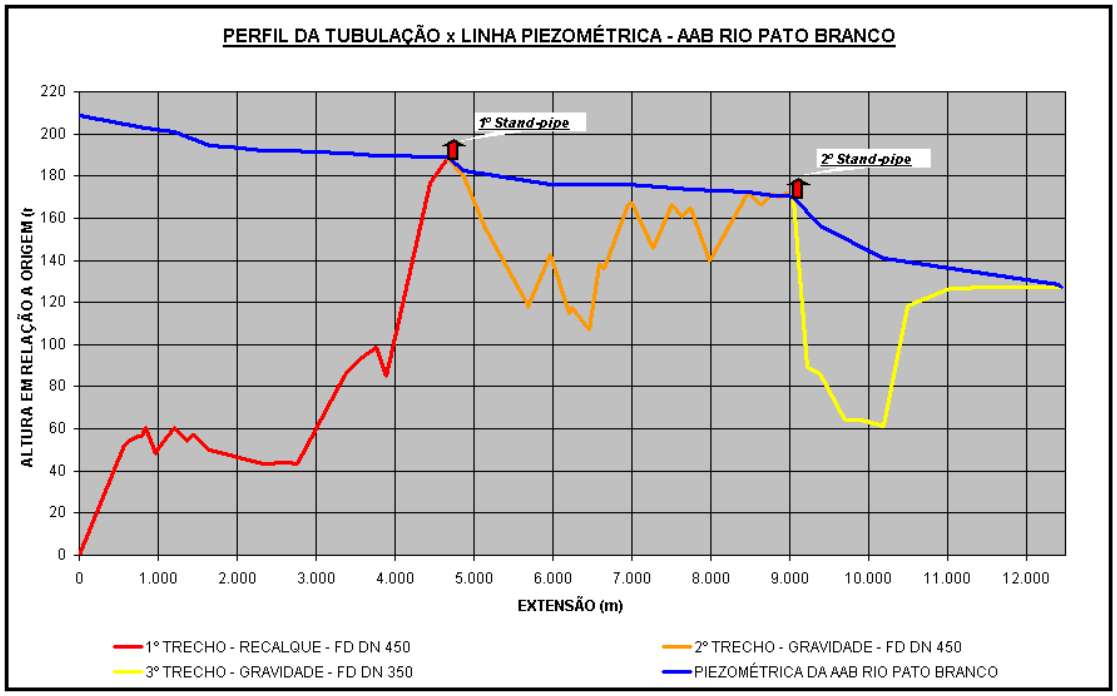


Figura 03: Perfil da tubulação x Linha piezométrica, com base no levantamento de campo, da AAB Rio Pato Branco.

Pode ser observado que, no primeiro trecho de tubulação a jusante dos 02 Stand-pipes, há uma significativa redução de pressão, em função da admissão de ar nestes dispositivos operacionais. Em função da ineficiência das ventosas existentes na linha, ventosas estas que são de simples função, o ar admitido no 2° Stand-pipe estava dificultando o Processo de Tratamento, nas etapas de floculação e de decantação, já que o ar admitido estava provocando a aeração da água bruta, o que dificultava a formação dos flocos e a sua respectiva sedimentação. Este fato era comprovado em função da necessidade de lavagem freqüente dos filtros. Durante os levantamentos de dados, foi observado que no primeiro trecho a jusante do 1° Stand-pipe e no último trecho a montante e no primeiro trecho a jusante do 2° Stand-pipe, a adutora funciona com um canal livre, sendo que, nestes trechos, a adutora trabalha em meia seção. Pode ser observado também que o 3° Trecho da adutora, em função de sua redução de seção, apresenta a maior perda de energia. A Tabela 01 apresenta os dados do monitoramento de pressão e de vazão realizado na AAB Rio Pato Branco.

Tabela 01: Trabalho de monitoramento de pressão e de vazão realizado na AAB Rio Pato Branco.

TRABALHO DE MONITORAMENTO REALIZADO NA AAB RIO PATO BRANCO											
IDENTIFICAÇÃO DO TRECHO DA AAB	IDENTIFICAÇÃO DO PONTO DE MONITORAMENTO				DETERMINAÇÃO DOS DADOS NECESSÁRIOS						
	DISPOSITIVO OPERACIONAL	COTA NO PONTO (mca)	DISTÂNCIA EM RELAÇÃO A ORIGEM (m)	DIÂMETRO NOMINAL DO TRECHO (mm)	PRESSÃO MÉDIA NO PONTO (mca)	PIEZOMÉTRICA MÉDIA NO PONTO (mca)	VAZÃO MEDIDA (m³/h)		CÁLCULO DO COEFICIENTE "C" DO TRECHO, CONSIDERANDO A PITOMETRIA	CÁLCULO DO COEFICIENTE "C" DO TRECHO, CONSIDERANDO O MACROMEDIDOR	CÁLCULO DA PERDA DE CARGA UNITÁRIA DO TRECHO (m/km)
							Pitometria	*Macromedidor*			
TRECHO 01	Câmara de sucção do Alto Recalque	688	0	450	0	688	-	518	99	97	3,05
	EEB 02 – Alto Recalque	687	0		209	895	-				
	Ventosa nº 10	773	3.361		112	885	-		64	62	6,87
	TAP nº 02	865	4.460		12	877	528		82	80	4,30
	Stand-pipe 01	876	4.676		1	877	-		50	50	10,18
TRECHO 02	TAP nº 03	806	5.685		60	866	511		05	00	0,19
	Ventosa nº 15	831	5.966		34	865	-		111	112	2,33
	Stand-pipe 02	857	9.057	350	1	857	-		61	60	25,03
TRECHO 03	Ventosa nº 24	782	10.201		47	829	-		130	129	6,14
	TAP nº 06	811	12.418		7	818	525				
	Chegada a ETA	815	12.458		0	815	-				

Conforme o cálculo do coeficiente de rugosidade "C" da adutora, considerando as vazões medidas pelo macromedidor e pela pitometria, o 1° trecho apresentou um baixo valor de rugosidade, ficando abaixo de 100. Neste mesmo trecho, entre as distâncias acumuladas de 3.361 metros e 4.460 metros, o coeficiente "C"ficou abaixo de 65. O 2° trecho apresentou um coeficiente "C'', na sua maior parte, em torno de 111. Porém neste mesmo trecho, nos primeiros 1.009 metros de tubulação a jusante do 1° Stand-pipe, o coeficiente de rugosidade "C"ficou em 50, reflexo da admissão de ar através referido dispositivo operacional. O 3° trecho apresentou um coeficiente "C", na sua maior parte, em torno de 130. Porém neste mesmo trecho, nos primeiros 1.144 metros de tubulação a jusante do 2° Stand-pipe, o coeficiente de rugosidade "C"ficou em 60, em função também da admissão de ar. Após este monitoramento de campo realizado na AAB Rio Pato Branco, a Sanepar realizou uma contratação de Estudo de Transiente Hidráulico da adutora, para a verificação das condições de escoamento devido a um possível incremento de vazão, bem como as necessidades de intervenção da adutora para a viabilização de tal incremento.

Com a realização do estudo, foi comprovada a possibilidade de ampliação da Capacidade de Transporte da adutora para 756 m^3/h, ou seja, um incremento de 232 m^3/h, vazão esta idêntica a capacidade de filtração da ETA Rio Pato Branco. Para se conseguir esta vazão, é necessária a operação simultânea dos 03 conjuntos motor-bomba do Alto Recalque da captação, já que, para a operação simultânea de 02 conjuntos, a vazão máxima obtida é de 524 m^3/h. O Estudo de Transiente Hidráulico mostrou a necessidade de implantação de 12 novas ventosas de alto desempenho e a substituição de 23 ventosas existentes de simples função por ventosas de alto desempenho, sendo que, esta melhoria, refere-se à necessidade de recuperar os trechos da adutora com alto índice de perda de carga. A ocorrência de regiões com alto índice de perda de carga da adutora, tanto o levantamento de campo, quanto o estudo, apontaram este problema. Estas 12 novas ventosas, 03 ventosas foram indicadas para serem instaladas no 1° trecho, próximo ao 1° Stand-pipe, de modo a proporcionar uma maior condição de segurança à adutora, já com o incremento de vazão, numa possível paralisação dos conjuntos do Alto Recalque da captação, 03 ventosas foram indicadas para serem instaladas no 2° trecho, próximo aos stand-pipes de montante e de jusante, de modo a aumentar a capacidade de expulsão de ar admitido no 1° Stand-pipe e 06 ventosas foram indicadas para serem instaladas ao longo 3° trecho, de modo a expulsar o ar admitido no 1° e no 2° Stand-pipe, para que o mesmo não interfira no Processo de Tratamento.

Para também auxiliar na expulsão do ar admitido nos stand-pipes e com isso diminuir o alto índice de perda de carga, técnicos da URPB executaram uma tubulação, em maio de 2010, a jusante dos stand-pipes, com a função de realizar a purga do ar admitido no referido dispositivo operacional, conforme mostra a Figura 4:



Figura 04: Purgador de ar instalado na região dos stand-pipes da AAB Rio Pato Branco.

Este purgador consiste em um tubulação PVC DN 50, instalada nos primeiros 96 metros a jusante dos 02 stand-pipes, assentada sobre a geratriz externa superior da adutora, tendo contato com a tubulação da adutora através de 8 furos de 1", a uma distância de 12 metros cada furo, sendo que, a ponta deste purgador, foi direcionado para o ponto de nível de água máximo dos stand-pipes. Após a implantação destes purgadores, a capacidade de transporte da AAB Rio Pato Branco, considerando a operação de 02 conjuntos motor-bomba no Alto Recalque, ampliou para 530 m³/h, conforme medições realizadas.

Após a avaliação que haveria a possibilidade de incremento da Capacidade de Transporte da Adutora de Água Bruta para 756 m³/h, restava ainda realizar avaliações na Captação na e ETA. Com relação à Captação, inicialmente foi realizada uma avaliação sobre a Capacidade de Transporte dos conjuntos do Baixo Recalque. Até então, não se conhecia o verdadeiro ponto de trabalho destes conjuntos, sendo que, sabia-se apenas que os conjuntos do Baixo Recalque tinham uma capacidade de vazão superior a capacidade de vazão dos conjuntos do Alto Recalque, em função da necessidade de utilização de Inversor de Frequência na Unidade de Montante. Como não há medição de vazão entre o Baixo Recalque e o Alto Recalque, foi realizado um Balanço de Massa na Câmara de Sucção do Alto Recalque.

Para a realização deste Balanço de Massa, foram ajustados os conjuntos motor-bomba do Baixo Recalque, de modo que o Inversor de Frequência não atuasse, para proporcionar o extravasamento de água através do extravasor retangular existente na Câmara de Sucção do Alto Recalque. Para a medição de vazão extravasada, foram utilizadas 02 técnicas, sendo a primeira a medição através de bombona de 200 litros e cronômetro e a segunda a utilização do método das coordenadas para determinação de vazão em extremidades abertas, formulação esta apresentada por Porto (1999), conforme a Equação 01 a seguir:

$$\bar{v} = \frac{x}{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{H \cdot y}} \qquad \text{(Equação 01)}$$

Onde o *v* é a velocidade de escoamento através da extremidade (m/s); o *H* é a altura da lâmina de água sobre a extremidade de saída ou carga hidráulica (m); o *x* é a componente horizontal de velocidade ou a distância do eixo da abscissa em relação a saída (m); o *y* é a distância do eixo da ordenada em relação a saída (m). Após vários testes, concluiu-se que, a operação com 02 conjuntos motor-bomba no Baixo Recalque tem vazão superior em, pelo menos 128 m³/h a mais do que a operação com 02 conjuntos no Alto Recalque, ou seja, possui uma vazão operacional de, pelo menos, 652 m³/h. A Figura 05 mostra o trabalho de medição de vazão, do extravasor do Alto Recalque, utilizando bombona e cronômetro.



Figura 05: Medição de vazão, utilizando bombona, do extravasor da câmara de sucção do Alto Recalque da Captação Rio Pato Branco.

Portanto, utilizando apenas 02 conjuntos no Baixo Recalque, não seria suficiente para transportar a quantidade de água máxima, conforme apontamento do Estudo de Transiente Hidráulico da Adutora. Acionando o 3° conjunto motor-bomba, a vazão operacional do Baixo Recalque seria de até 978 m³/h, valor este superior a Capacidade de Transporte da Adutora de Água Bruta e a vazão dos 03 conjuntos motor-bomba do Alto Recalque em operação. Portanto decidiu-se estagiar a ampliação da Capacidade Real de Produção do SAA Pato Branco em 02 etapas, sendo que, na primeira, com incremento de 108 m³/h, não haveria a necessidade de intervenção no Baixo Recalque e na segunda, com incremento de mais 108 m³/h, haveria a necessidade de redimensionamento dos conjuntos do Baixo Recalque.

Para o estagiamento da ampliação da Capacidade de Produção, foi analisada a implantação de um inversor de freqüência no 3° conjunto motor-bomba do Alto Recalque, para o acionamento do mesmo, já que a vazão de operação dos 03 conjuntos era maior do que a vazão necessária em primeira etapa. De acordo com Azevedo Neto e Alvarez (1973), uma variação na freqüência do motor provoca uma variação na rotação, que provoca variações na altura manométrica e na vazão, conforme as Equações 02, 03 e 04 a seguir:

$$rpm = 120 \cdot \frac{frequencia}{n^{o}\ pólos} \qquad \text{(Equação 02)}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{(rpm_1)^2}{(rpm_2)^2} \qquad \text{(Equação 03)}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{rpm_1}{rpm_2} \qquad \text{(Equação 04)}$$

Onde H_1 e H_2 é a altura manométrica inicial e final (m.c.a.); rpm_1 e rpm_2 é o número de rotações por minuto da bomba inicial e final (rpm); Q_1 e Q_2 é a vazão inicial e final (m³/s). Trabalhando em 60 Hz, obtém-se 3.600 rpm com um motor de 2 pólos, 1.800 rpm com 4 pólos, 1.200 rpm com 6 pólos e 900 rpm com 8 pólos. No caso específico do Alto Recalque, os conjuntos motor-bomba são de 4 pólos. Os inversores de frequencia têm sido amplamente utilizados pelas Empresas de Saneamento, para melhorar a eficiência operacional e energética. Alguns exemplos de aplicação são relatados por Barbosa (2009), Lima, Nakagawa e Nascimento (2009) e Marques, Takayama e Souza (2010).

Para a implantação da primeira etapa de ampliação da Capacidade Real de Produção do Sistema, a vazão de operação dos 03 conjuntos motor-bomba do Alto Recalque calculada é de 632 m³/h. Para esta vazão, conforme demonstra a Figura 06, o inversor de freqüência do 3° conjunto deverá ficar entre 52 Hz e 54 Hz. Este mesma figura apresenta diversas curvas características do 1° trecho da AAB Rio Pato Branco, trecho este por recalque, para diversos coeficientes de rugosidade. São apresentadas também as curvas dos conjuntos motor-bomba instalados, para um, dois e três equipamentos associados em série. Além disso, são apresentadas as curvas resultantes da associação de dois conjuntos com a terceira bomba funcionando com freqüência variável, de 52 a 54 Hz. Para a implantação da melhoria em segunda etapa, o inversor de freqüência do 3° conjunto motor-bomba do Alto Recalque deverá ficar ajustado em 60 Hz, ou seja, não haverá mais função.

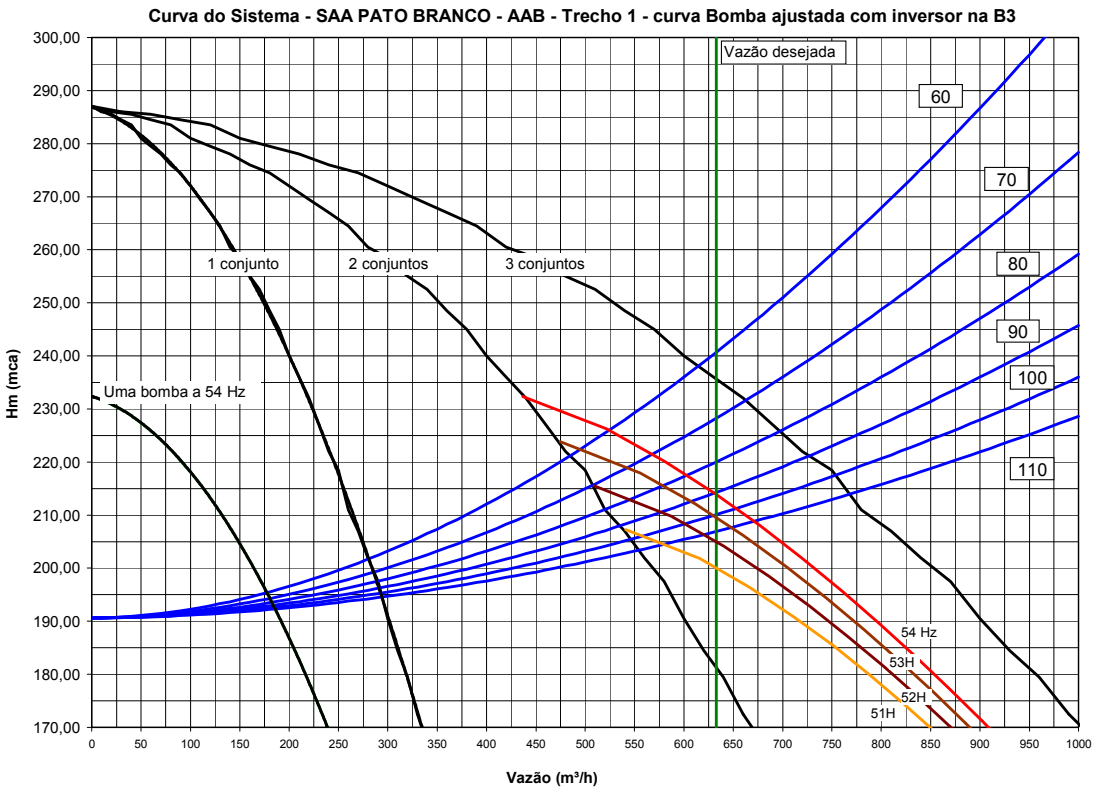


Figura 06: Avaliação do acionamento do 3° conjunto motor-bomba do Alto Recalque, com a atuação de inversor de freqüência, para vários coeficientes de rugosidade "C", no 1° trecho da AAB Rio Pato Branco.

Ainda restava a ampliação da capacidade de tratamento da ETA. Conforme avaliações realizadas nesta Unidade Operacional por técnicos da Sanepar, as Operações Unitárias que estavam limitando a capacidade da ETA, em 524 m³/h, era a floculação e a decantação. Como o desenvolvimento de projeto e execução de obra levaria em torno de, no mínimo, 3 anos para a ampliação dos floculadores e dos decantadores, foi associado, em paralelo, 02 módulos de floco-decantação, com capacidade nominal de 15 l/s.cada, proveniente de uma ETA metálica desativada, à ETA Rio Pato Branco. Para esta associação, a tomada de água para os 02 módulos ocorre no canal de entrada dos 04 floculadores existentes na ETA através de um conjunto motor-bomba submersível, de 5 CV, instalado no fundo deste canal. Esta tomada de água para os 02 módulos de floco-decantação está a jusante da chicana de mistura rápida, chicana esta onde ocorre o processo de coagulação. O retorno da água floculada e decantada dos 02 módulos, ocorre, por gravidade, ao canal de entrada dos 10 filtros existentes na ETA Rio Pato Branco.

A ETA metálica desativada estava instalada na localidade de São Marcos, município de São José dos Pinhais – PR, localidade esta atendida pela Sanepar. Em função da implantação do novo Sistema Produtor, denominado Sistema Miringuava, na Região Metropolitana de Curitiba, a localidade de São Marcos começou a ser atendido por este novo sistema, a qual não houve mais a necessidade de se operar a ETA metálica. Com isso, técnicos da URPB se deslocaram a São José dos Pinhais para realizar a desmontagem de toda a ETA metálica, de modo a mobilizar todo este material para Pato Branco. O transporte desta ETA metálica foi contratado. Já com esta ETA metálica em seu destino final, os mesmos técnicos da URPB realizaram a sua montagem, conforme acima descrito.

Com estas medidas, em um curto espaço de tempo, foi possível ampliar a Capacidade de Produção da ETA Rio Pato Branco em 108 m³/h, totalizando a capacidade em 632 m³/h. O projeto para a ampliação da floculação e da decantação será desenvolvido no Projeto de Ampliação Global que está sendo contratado para o SAA Pato Branco. A Figura 07 mostra os módulos de floco-decantação implantados na ETA.



Figura 07: Módulos de floco-decantação instalados para o aumento da Capacidade de Tratamento da ETA Rio Pato Branco.

Ainda no pátio a ETA, está previsto, em 2ª etapa, a implantação de uma Válvula Sustentadora de Pressão a Montante, no final da AAB Rio Pato Branco, juntamente com um medidor de vazão eletromagnético DN 400, para a elevação do nível de água no 2° Stand-pipe e a conseqüente pressurização da tubulação no entorno desta Unidade Operacional, para possibilitar a sua eliminação. Para possibilitar o isolamento deste stand-pipe, será implantada uma peça especial, confeccionada em aço, para que a mesma seja um by-pass da referida unidade operacional. Com estas medidas, espera-se a viabilizar a eliminação do 2° Stand-pipe da AAB Rio Pato Branco, já que o mesmo se encontra dentro de Zona Urbana, podendo ser fruto de futuro atritos com a população, em função de seu posicionamento junto ao passeio da rua. A Válvula Sustentadora de Pressão, o medidor de vazão eletromagnético e a peça especial já foram adquiridos. A Figura 08 mostra o 2° Stand-pipe, localizando dentro da Zona Urbana de Pato Branco, com uma construção residencial ao fundo.



Figura 08: 2° Stand-pipe da AAB Rio Pato Branco, localizando dentro da Zona Urbana.

Conforme havia sido indicado no Estudo de Transiente Hidráulico da adutora, para o incremento da Capacidade de Produção, era necessária a instalação de 12 novas ventosas. Para isso, era necessário que a implantação destas novas ventosas ocorresse com a tubulação em carga, para que, assim, fosse evitada a necessidade de novos rodízios de abastecimento de água da cidade em função da paralisação da adutora. Como este tipo de atividade, até então, era novidade para os colaboradores da Sanepar de Pato Branco, uma equipe da URPB se deslocou a Curitiba, em junho de 2010, para o acompanhamento de implantação de um hidrante em tubulação em carga. Com base no trabalho acompanhado, a URPB realizou processo para a contratação do serviço. Coube a Empresa Contratada a confecção das abraçadeiras especiais bi-partida e o desenvolvimento de mecanismo para furação da tubulação em carga.

O mecanismo desenvolvido para a furação consistia em uma furadeira industrial elétrica adaptada a uma conexão flangeada, para ser acoplada junto ao registro, podendo ser utilizada para furação nas bitolas DN 50, DN 75 e DN 100. Por isso, as 12 abraçadeiras especiais bi-partida possuíam a sua derivação com junta flange. Na ponta desta furadeira, foi adaptada a serra copo, podendo ser utilizado para diversos diâmetros, conforme as bitolas acima mencionadas, para a realização da furação. Junto a serra copo era inserido um imã para o resgate de parte da parede cortada. Após a realização de limpeza do entorno da tubulação, no ponto a ser furado pelo equipamento, era realizado a montagem da abraçadeira especial bi-partida, que foi confeccionada

em aço. Após esta montagem, era acoplado o registro flangeado a mesma, registro este fornecido pela Sanepar. Na seqüência, era realizada a montagem da furadeira adaptada, conforme já mencionado. A Figura 09 mostra o processo de furação utilizada na AAB Rio Pato Branco.



Figura 09: Execução de furação de tubulação em carga para implantação de 12 ventosas na AAB Rio Pato Branco.

Como o 3° conjunto motor-bomba instalado no Alto Recalque da Captação Rio Pato Branco era reserva, foi adquirido 01 inversor de freqüência, 01 nova bomba para ser reserva de prateleira e 02 novos motores, de modo que um motor operasse e o outro fosse reserva deste novo. Com isso, o 3° motor já existente passou a ser reserva dos demais 02 motores existentes, de modo que se tivesse uma configuração com 02 motores usados operando sem inversor com 01 motor usado reserva e 01 motor novo operando com inversor com 01 motor novo reserva. Será desenvolvido um estudo para a implantação, em 2° etapa, do 4° conjunto motor-bomba no Alto Recalque da Captação, de modo que não haja esta condição de conjunto reserva de prateleira, o que não é recomendado devido à necessidade de possíveis manutenções nos conjuntos.

Após a realização de todas as melhorias mencionadas, no mês de outubro de 2010 foi realizado o *"start-up"* da ampliação da Capacidade Real de Produção do SAA Pato Branco, com o acionamento do 3° conjunto motor-bomba, com inversor de freqüência, do Alto Recalque da Captação. Por condições de segurança, o *"start-up"* iniciou com o inversor do 3° conjunto com uma freqüência de 40 Hz, a qual não houve qualquer incremento de vazão. Com isso, a freqüência foi sendo ampliada em intervalos de 10 em 10 minutos, sendo que, com 51 Hz, houve o primeiro registro da ampliação da vazão da adutora. Após este momento, a freqüência foi elevada em intervalos de tempo maiores, sendo que, para uma freqüência de 54 Hz, foi atingida a vazão de 632 m³/h, vazão esta idêntica a calculada para a ampliação da Capacidade de Produção em 1ª etapa. Com isso, o inversor do 3° conjunto ficou modulado na freqüência indicada no estudo, conforme ilustra a Figura 06.

Conforme o Centro de Controle Operacional da ETA Rio Pato Branco, com a operação do sistema em 632 m³/h, houve uma melhoria no Processo de Tratamento, em função da diminuição da necessidade da lavagem dos decantadores e dos filtros. Tal fato se deve a diminuição da aeração da água bruta, o que dificultava a formação de flocos e sua respectiva sedimentação, devido ao maior preenchimento da adutora nos trechos que a mesma funciona com um canal livre, resultante do aumento da vazão e devido às melhorias realizadas na adutora, através da implantação de 12 novas ventosas e dos purgadores de ar nos 02 stand-pipes. Apesar de ter diminuído a admissão de ar na adutora, tal fato ainda está ocorrendo, a qual será melhor equacionado com a implantação da Válvula Sustentadora de Pressão na chegada a ETA, a qual está previsto em 2ª etapa.

Assim, a ampliação da Capacidade Real de Produção do SAA Pato Branco foi elevada de 12.576 m³/dia para 15.168 m³/dia, ou seja, um incremento de 20,61%. Conforme estudo de crescimento de demanda, este incremento será suficiente até 2015. Como este horizonte é extremamente curto, a Sanepar continua trabalhando para a viabilização da 2ª etapa da ampliação da Capacidade de Produção, conforme já mencionado, o que ampliará a saturação do sistema para 2019. Em paralelo as estas melhorias, a Sanepar está

viabilizando a realização do Projeto de Engenharia para a Ampliação Global do SAA Pato Branco, de modo a aumentar o horizonte do sistema para os próximos 20 anos.

O Consumo Específico de Energia Elétrica, referente ao mês de janeiro de 2010, foi de 0,86 kWh/m³ de água aduzida. Já para o mês de janeiro de 2011, ou seja, após a operacionalização do 3° conjunto motor-bomba do Alto Recalque, o Consumo Específico de Energia foi de 0,85 kWh/m³ de água aduzida. Portanto o consumo específico se manteve em um mesmo patamar, mesmo com a operação de um novo conjunto motor-bomba.

CONCLUSÃO

Ao longo do ano de 2009, o Sistema de Abastecimento de Água registrou uma Demanda Máxima Diária dos meses de janeiro, de fevereiro, de junho, de novembro e de dezembro superior a Capacidade Real de Produção do Sistema. Esta situação exigia atenção para a operação do Sistema Produtor, pois era necessário que os reservatórios permanecessem com o nível de água no máximo, para compensar da deficiência na produção. Este cenário gerava uma situação de risco permanente de desabastecimento, em função da possibilidade de ocorrência de dias seguidos de alta demanda, o que não permitiria a manutenção dos níveis de reservação.

No verão do ano de 2010, em função de dias seguidos de alta demanda, não foi possível a manutenção dos níveis de reservação, o que implicou na necessidade de realização de rodízio no abastecimento, de modo a assegurar o abastecimento das regiões menos favorecidas do Sistema Distribuidor, o que gerou a insatisfação dos clientes externos. Em função desta situação, para que o mesmo não voltasse a ocorrer no verão do ano de 2011, a Sanepar desenvolveu estudos e obras de melhorias para a ampliação da vazão operacional do Sistema Produtor em 30 l/s.

Para isso, foi necessário realizar o cadastro em planta e perfil, monitoramento de pressão e de vazão e Estudo de Transiente Hidráulico da AAB Rio Pato Branco. Tanto o monitoramento, quanto o estudo, apontou a necessidade de implantação de novas ventosas, devido a alta incidência de admissão de ar no interior desta adutora, ventosas estas que foram implantadas com a tubulação em carga, técnica esta inédita na URPB. Tentando minimizar este problema, técnicos da Sanepar implantaram uma tubulação a jusante dos stand-pipes da adutora, que tem a finalidade de realizar a purga do ar.

Na captação foram realizados estudos no Baixo e no Alto Recalque, a qual apontou a que os conjuntos motor-bomba do Baixo Recalque suportariam o incremento em 1ª etapa. Com relação ao Alto Recalque, foi necessária a operacionalização do 3° conjunto motor-bomba, com o inversor de freqüência modulado em 54 Hz.

Na ETA foi necessário incrementar as operações unitárias de floculação e de decantação, sendo que, para isso, foi utilizada uma ETA Metálica desativada da Sanepar, instalada no município de São José dos Pinhais. Para isso, técnicos da URPB realizaram um trabalho de mobilização para instalar os módulos de floco-decantação na ETA Rio Pato Branco.

Portanto a Capacidade Real de Produção do SAA Pato Branco foi elevada de 12.576 m³/dia para 15.168 m³/dia, ou seja, um incremento de 20,61%, em um curto período de tempo, o que será suficiente para o atendimento da demanda até 2015, sem um incremento do Consumo Específico de Energia Elétrica. Como este horizonte é curto, está sendo desenvolvidos estudos para a realização de um novo incremento de produção, o que ampliará a saturação do sistema para 2019. Em paralelo as estas melhorias, a Sanepar está viabilizando a realização do Projeto de Engenharia para a Ampliação Global do SAA Pato Branco, de modo a aumentar o horizonte do sistema para os próximos 20 anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO NETO, J. M.; ALVAREZ, G. A. **Manual de hidráulica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.

BARBOSA, A. C. Benefícios com a implantação de conversor de freqüência em poço no sistema de abastecimento de água. In: XX ENCONTRO TÉCNICO AESABESP. 2009. **Anais**. São Paulo-SP, 2009. 7p.

LIMA, E. R.; NAKAGAWA, N. K.; NASCIMENTO, J. Benefícios na implantação de conversores de freqüência nos boosteres com controle por faixas de pressão: eficiência energética e redução de perdas. In: XX ENCONTRO TÉCNICO AESABESP. 2009. **Anais**. São Paulo-SP, 2009. 4p.

MARQUES, A. D.; TAKAYAMA, R. Y.; SOUZA, M. A. M. Parametrização de conversores de freqüência em estações elevatórias para combate às perdas reais. In: XXI ENCONTRO TÉCNICO AESABESP. 2010. **Anais**. São Paulo-SP, 2010. 5p.

PORTO, R. M. **Hidráulica básica.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 1999. 540 p.

TSUTIYA, M. T. **Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água.** São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006. 185 p.

www.ibge.gov.br – Site Oficial do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.