

**PROPOSTA DE ESTAGIAMENTO DE EMPREENDIMENTO PARA A
IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE PRODUTOR A PARTIR DE MANANCIAL
SUBTERRÂNEO**

Romulo Ruiz Gasparini

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Especialista em Gestão e Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e em Gestão Empresarial pelo Centro Universitário Unifae (UNIFAE). Mestre em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Atua como Engenheiro de Desenvolvimento Operacional na Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) – Unidade de Serviço de Manutenção Eletromecânica Nordeste (USEM-ND).

Endereço: Rua Jaguaribe, nº 600 – Jardim Oguido – Londrina – Paraná – Brasil – CEP: 86.025-490 – Telefone: 55 (43) 3378-4760 – E-mail: romulorg@sanepar.com.br.

RESUMO

Este artigo apresenta a proposta desenvolvida por uma equipe da Companhia de Saneamento do Paraná, a partir de um projeto de engenharia existente, para o estagiamento de empreendimento, em duas etapas, de operacionalização de manancial subterrâneo identificado como Poço P-28, a qual permitirá um incremento de produção de até 3.600 m³/dia, suficiente para o atendimento do crescimento da demanda do Sistema de Abastecimento da cidade de Apucarana para os próximos 07 anos. Para permitir este estagiamento, em 1ª etapa, será utilizado um conjunto motor-bomba submerso com inversor de frequência, devido à sazonalidade da Área de Influência deste poço. Durante o ciclo de vida deste empreendimento, o custo unitário de implantação e de operação, em valor presente, em etapa única, seria de R\$ 211,39/lig.ano, enquanto em duas etapas seria de R\$ 204,87/lig.ano, demonstrando, assim, a viabilidade de estagiamento de implantação de obras, para este caso.

PALAVRAS-CHAVE: Ampliação da Capacidade Real de Produção de Sistemas de Abastecimento de Água, Estagiamento de Implantação de Empreendimentos para Abastecimento, Consumo Específico.

INTRODUÇÃO

A cidade de Apucarana, localizada na Região Norte do Estado do Paraná, está a 366 km de Curitiba. Conforme estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em 2015, a população municipal era de 130.430 hab.

O abastecimento com água tratada e o esgotamento sanitário, do núcleo urbano, é realizado pela Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar. Atualmente os índices de atendimento com água tratada e atendimento com esgotamento sanitário estão em 100% e em 66%, respectivamente.

Em fevereiro de 2016, o Sistema de Abastecimento atendia um total de 44.039 ligações de água no núcleo urbano. Para isso, o seu Sistema Produtor dispõe de 07 captações em mananciais subterrâneos, 02 captações em mananciais superficiais, 01 estação de tratamento de água e 12 reservatórios, que totalizam uma Capacidade Real de Produção de 30.330 m³/dia. Para a operação desta infraestrutura de abastecimento, faz-se a necessidade de um consumo específico médio, com energia elétrica, segundo Tsutiya (2006), de 1,38 kWh/m³, a um custo médio, conforme observado no 2º semestre de 2015, de R\$ 0,56/kWh.

Em 2015, a demanda média diária do sistema foi de 27.170 m³/dia, sendo que, em dias de maior demanda, o consumo se equipareceu à capacidade de produção. Esta situação exige atenção para a operação do Sistema

Produtor, pois é necessário que os reservatórios permaneçam com o nível de água no máximo. Este cenário gera uma insegurança operacional, em função da possibilidade de ocorrência de dias seguidos de alta demanda, o que não permitirá a manutenção dos níveis de reservação. Há, ainda, o crescimento da demanda médio previsto para os próximos 10 anos, projetado em 500 m³/dia.ano.

Desta forma, diagnosticou-se que ampliação da Capacidade Real de Produção é de extrema necessidade, para a manutenção do abastecimento de água nos dias e nos horários de maior consumo, além de permitir o crescimento da demanda previsto ao sistema, motivo do presente trabalho.

OBJETIVO

Objetiva-se a apresentação de análise realizada pela Sanepar, a partir de um projeto de engenharia existente, de plano de execução de obras em 02 etapas, a partir do ano de 2016, para a operacionalização do manancial subterrâneo, identificado como Poço P-28, que permitirá um incremento, na Capacidade Real de Produção do Sistema de Abastecimento de Apucarana, de até 3.600 m³/dia, suficiente para o atendimento do crescimento da demanda para os próximos 07 anos.

DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O Poço P-28, que foi perfurado entre os meses de outubro e de novembro de 2012, fazendo parte do aquífero denominado de Serra Geral, está localizado a sudoeste do núcleo urbano de Apucarana, conforme apresentado na Figura 01.



Figura 01: Localização do Poço P-28 em relação ao núcleo urbano de Apucarana.

Após a sua perfuração e com a realização de teste de bombeamento, verificou-se as seguintes condições construtivas e operacionais, conforme apresentado na Tabela 01:

Tabela 01: Características construtivas e operacionais do Poço P-28.

Característica	Grandeza
Nível Estático (m)	22,7
Profundidade (m)	254
Profundidade das Entradas de Água (m)	37, 87 e 193
Vazão Indicada (m ³ /h)	180
Nível Dinâmico (m)	80
Profundidade do Crivo do Bombeador (m)	87
Regime de Bombeamento (h/dia)	20
Diâmetro da Câmara de Bombeamento (pol)	10

Com a confirmação da Capacidade de Produção do Poço P-28, a Sanepar contratou, no ano de 2013, a elaboração de projeto de engenharia para a sua operacionalização, concluído no ano de 2014. Porém a empresa responsável pela elaboração do projeto fez a previsão de sua implantação em uma única etapa. Conforme a Tabela 02 foi projetada os seguintes serviços e os seus respectivos custos para a operacionalização deste poço:

Tabela 02: Descrição do projeto original para a operacionalização do Poço P-28.

Unidade Construtiva	Descrição	Custo
01	Canteiro de Obras e Urbanização da Área	R\$ 449 mil
02	CSB-28	R\$ 92 mil
03	AAB-15	R\$ 87 mil
04	Casa de Química	R\$ 348 mil
05	RAP-01	R\$ 1.279 mil
06	EET-07	R\$ 485 mil
07	Instalações Elétricas	R\$ 665 mil
08	RDA	R\$ 1.533 mil
<i>TOTAL</i>		<i>R\$ 4.938 mil</i>

Na concepção do projeto, a partir do Poço P-28 (CSB-28), as águas seriam transportadas pela adutora de água bruta (AAB-15) até o reservatório apoiado de 2.000 m³ (RAP-01), onde passariam por processo de tratamento, a partir da casa de química, através de fluxo por chicanas na entrada do reservatório. Além da desinfecção e fluoretação das águas, o RAP-01 operaria como câmara de sucção da elevatória de água tratada (EET-07), unidade esta prevista com 03 conjuntos motor-bomba de eixo horizontal, sendo 01 reserva, projetado para atendimento a uma vazão de até 272 m³/h, referente à demanda máxima horária de sua Área de Influência. Em um dos conjuntos operantes, haveria a necessidade de instalação de um inversor de frequência, devido à sazonalidade de demanda da rede de distribuição de água (RDA), conforme pode ser observado na Figura 02 a seguir:

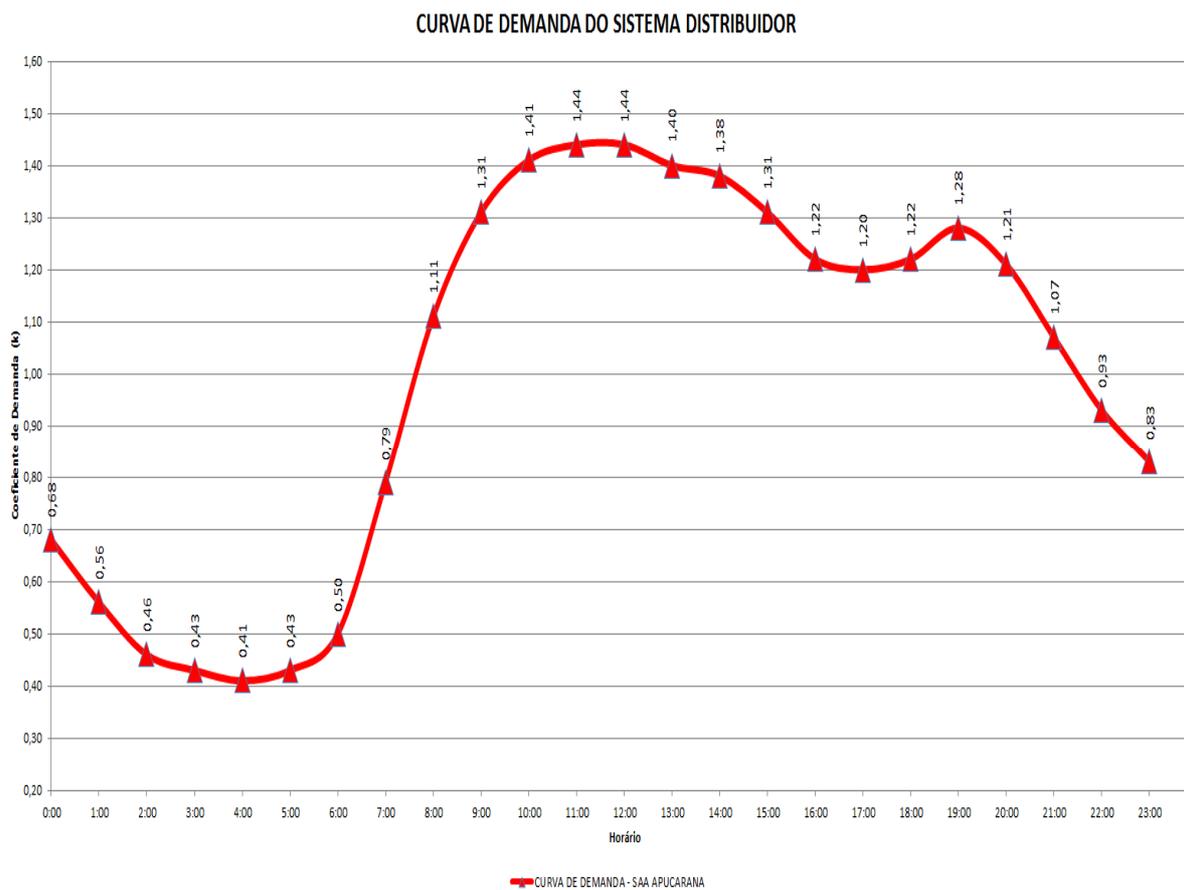


Figura 02: Perfil de demanda do Sistema Distribuidor.

Com a operacionalização deste poço, conforme proposta original do projeto de engenharia, seria possível incrementar a Capacidade de Produção em 3.600 m³/dia, suficiente para o atendimento da demanda de 5.830 ligações de água ou para o atendimento do crescimento da demanda para os próximos 07 anos.

Haveria, ainda, a necessidade de adequações da RDA, cujo montante está indicado na Tabela 02, para a delimitação de uma Área de Influência de Abastecimento, a partir da EET-07, área esta localizada no entorno do Poço P-28, conforme a Figura 03 a seguir:



Figura 03: Área de Influência do Poço P-28.

Desta forma, ter-se-ia um sistema produtor e distribuidor independente, dentro do Sistema de abastecimento de Apucarana. Com a delimitação desta Área de Influência, o consumo específico médio de operação das unidades previstas em projeto seria de 0,90 kWh/m³. Esta concepção foi assim idealizada porque, em se interligando o Poço P-28 em uma das unidades existentes, significaria a manutenção do atual consumo específico, que é de 1,38 kWh/m³. Assim, para o atual custo médio de energia elétrica, ter-se-ia uma redução, com este grupo de despesa, na ordem de R\$ 353 mil/ano, ou seja, o pay-back das adequações da RDA seria inferior a 5 anos, período este abaixo do horizonte de atendimento do Poço P-28, que é de 7 anos, demonstrando a sua viabilidade.

A Tabela 03 apresenta os valores previstos, tanto em termos de implantação, como em termos de operação, bem como o número de ligações beneficiadas e o ciclo de vida da alternativa detalhada no projeto de engenharia para a operacionalização do Poço P-28.

Tabela 03: Custos previstos para a alternativa de projeto detalhada.

Custo de Implantação da Alternativa	R\$ 4.938 mil
Custo Operacional com Energia Elétrica	R\$ 663 mil/ano
Número de Ligações Beneficiadas	5.830 ligações de água (lig)
Ciclo de Vida da Alternativa	7 anos

Desta forma, durante o ciclo de vida da alternativa, ou seja, no período de horizonte de atendimento do crescimento da demanda do sistema, custo unitário de implantação e de operação, em valor presente, seria de R\$ 211,39/lig.ano, considerando uma taxa mínima de atratividade de 12 % a.a.. Porém, para a viabilização deste cenário, haveria a necessidade de obtenção de recursos para a implantação da alternativa em uma única etapa, na ordem de R\$ 4.938 mil. Assim, a Sanepar, através da Unidade de Serviço Eletromecânica Nordeste (USEM-ND), desenvolveu uma alternativa, em 1ª etapa, para o abastecimento da Área de Influência proposta, diretamente pelo Poço P-28, através de conjunto motor-bomba submerso com inversor de frequência, devido à sazonalidade da RDA. Nesta 1ª etapa, será suprimida a execução da AAB-15, RAP-01 e EET-07.

ALTERNATIVA PROPOSTA

A Figura 04, a seguir, apresenta a Curva do Sistema de abastecimento da Área de Influência do Poço P-28, a partir da proposta de estagiamento em 1ª etapa, desenvolvida pela Sanepar.

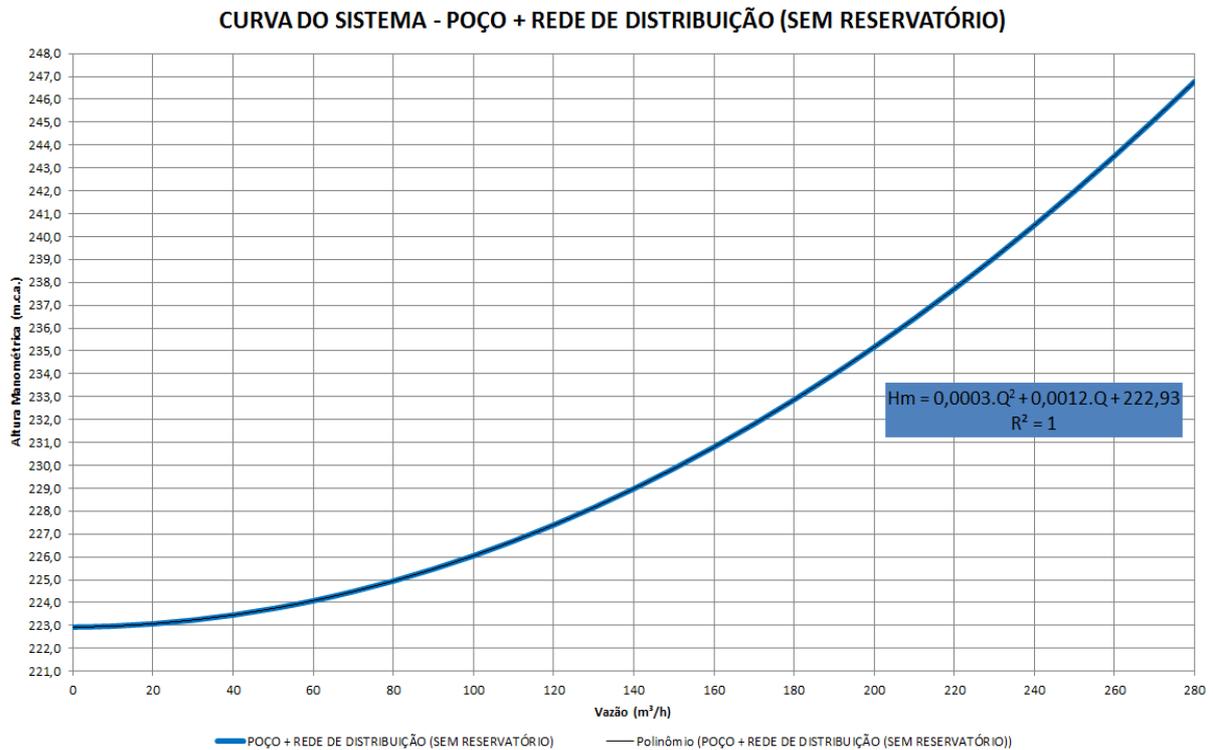


Figura 04: Curva do Sistema considerando a alternativa de abastecimento diretamente do Poço P-28.

Conforme Azevedo Netto (1998) e Porto (1999), a Curva Característica pode ser expressa pela a Equação 01 a seguir:

$$H_m = 223 + 1,2 \times 10^{-3} \cdot Q + 3 \times 10^{-4} \cdot Q^2 \quad (\text{Equação 01})$$

Considerando que, conforme a Tabela 01, a vazão indicada de operação do Poço P-28 é de 180 m³/h e que na proposta de estagiamento, em 1ª etapa, não haverá a reservação, esta mesma vazão deverá atender a condição de demanda máxima horária da RDA, conforme perfil de apresentado na Figura 02. Desta forma, ter-se-ão as seguintes condições de demanda, conforme apresentado pela Tabela 04:

Tabela 04: Condições de demanda considerando a alternativa de abastecimento diretamente do Poço P-28.

Cenário	Vazão	Coefficiente de Demanda	Período
Demanda Máxima Horária (k_2)	180 m ³ /h	1,44	11:00 h a 12:00 h
Demanda Mínima Noturna (k_3)	51 m ³ /h	0,41	4:00 h
Demanda Média (\bar{k})	125 m ³ /h	1,00	-

Com base nas condições de demanda apresentada na Tabela 04 e as respectivas alturas manométricas necessárias que podem ser determinadas pela Figura 04 e considerando o diâmetro da câmara de bombeamento apresentado na Tabela 01, estudou-se 04 opções de conjunto motor-bomba para o abastecimento, à Área de Influência, diretamente pelo Poço P-28, cujos consumos específicos, segundo Tsutiya (2006), são apresentados na Figura 05 a seguir:

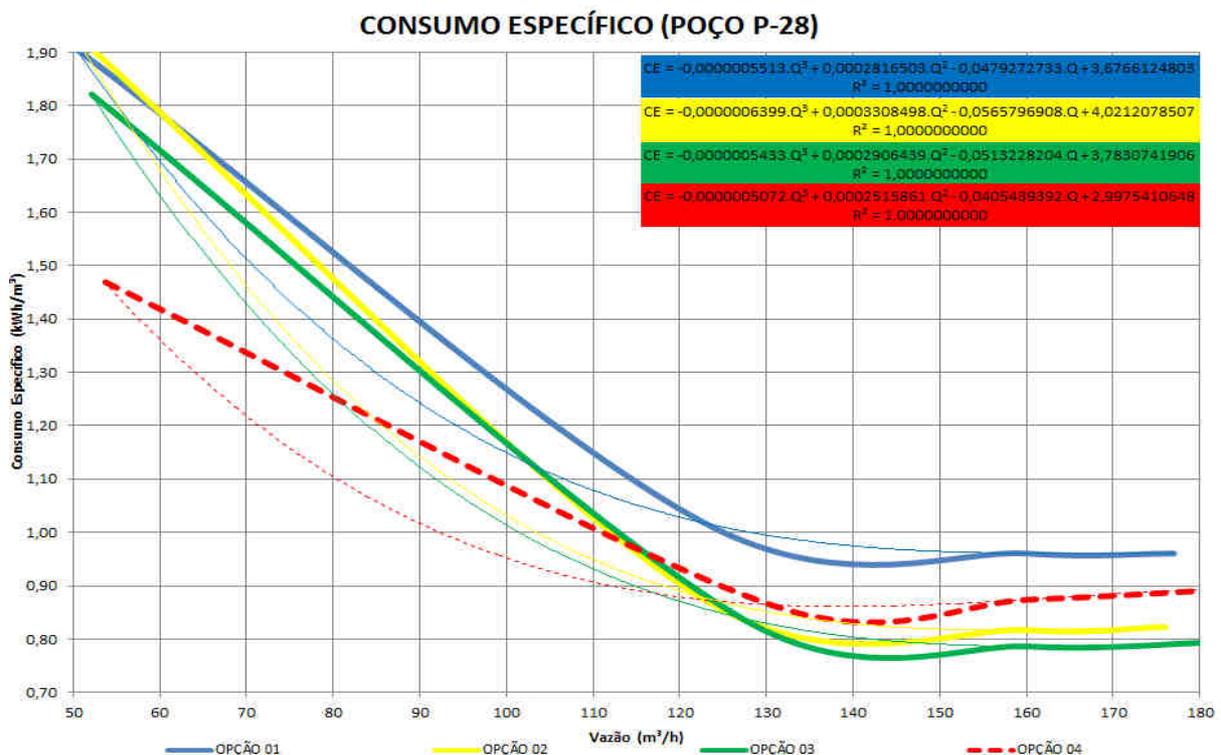


Figura 05: Consumos Específicos dos conjuntos motor-bomba analisados.

Com esta análise, permitiu-se observar que, com a redução da vazão de operação, elevava-se o consumo específico dos conjuntos motor-bomba estudados. Como o atual consumo específico do Sistema de Abastecimento é de 1,38 kWh/m³, verificou-se que, para vazões inferiores a 85 m³/h, considerando o conjunto motor-bomba selecionado, não seria viável a sua operação. Como na Tabela 01 é recomendado o regime de operação do Poço P-28 de 20 h/dia, decidiu-se que, na proposta desenvolvida pela Sanepar, para operacionalização em 1ª etapa, no período compreendido entre 2:00 h e 6:00 h, não haveria a operação do mesmo. Desta forma, neste intervalo de tempo, o abastecimento da Área de Influência ocorrerá pelo Sistema de Abastecimento atual, por anel de distribuição existente, com válvula de retenção.

Com esta análise, permitiu-se definir a conjunto motor-bomba com base no menor consumo específico, sendo a opção 03. Assim, verificaram-se as curvas características do conjunto motor-bomba da opção sobrepostas à curva do sistema referente à Área de Influência do Poço P-28, conforme apresenta a Figura 06 a seguir:

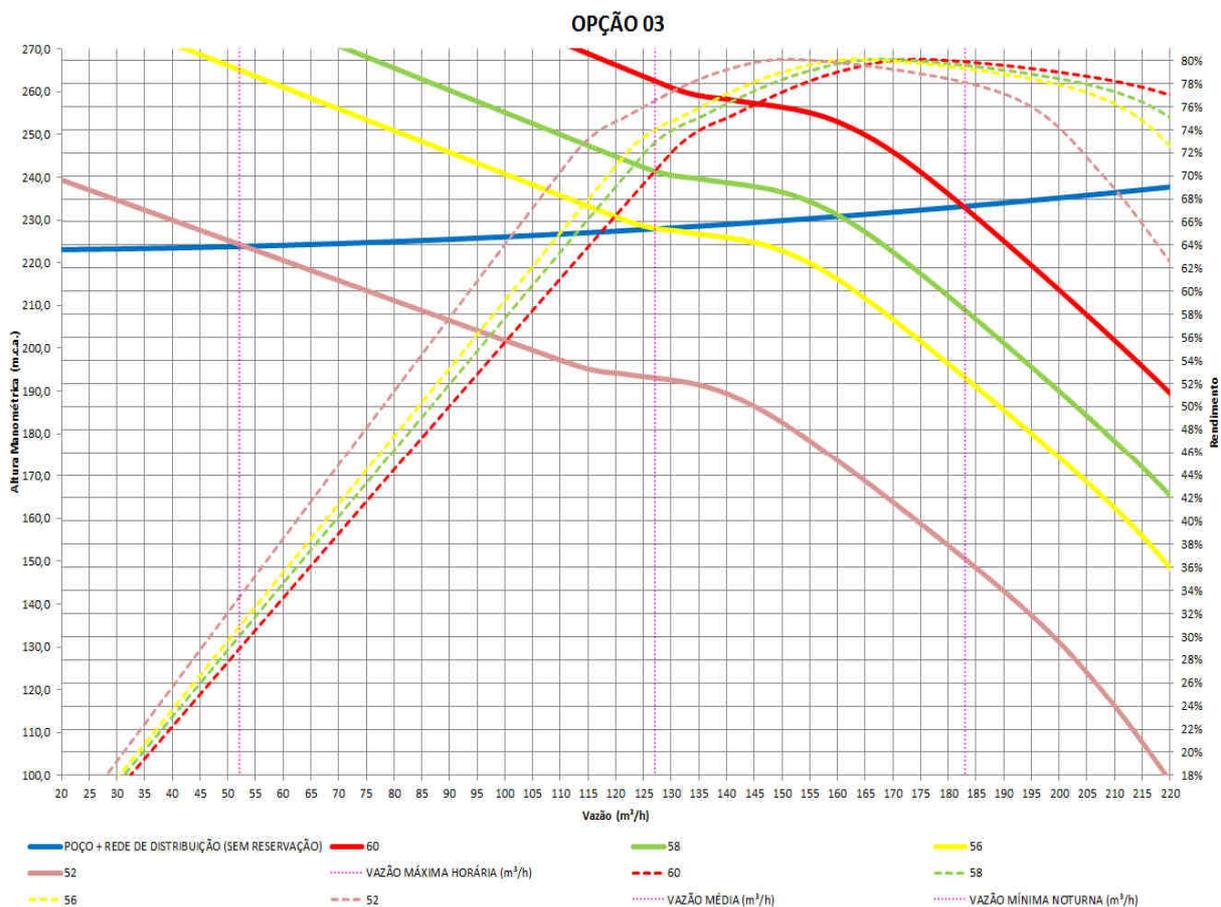


Figura 06: Curvas características do conjunto motor-bomba selecionado.

Assim, para o cenário de demanda máxima horária, a vazão de operação resultante será de 183 m³/h, sendo necessária uma altura manométrica de 233 m.c.a., resultando em um rendimento e uma frequência do conjunto motor-bomba de 80 % e de 60 Hz, respectivamente. Para o cenário de demanda média, a vazão de operação resultante será de 127 m³/h, sendo necessária uma altura manométrica de 228 m.c.a., resultando em um rendimento e uma frequência do conjunto motor-bomba de 74 % e de 54 Hz, respectivamente. A Tabela 05 apresenta a condição de operação da proposta desenvolvida pela Sanepar com base no perfil de demanda (Figura 02) e nas curvas características do conjunto motor-bomba selecionado (Figura 06).

Tabela 05: Variação do consumo específico, ao longo do dia, para o conjunto motor-bomba selecionado.

Horário	Vazão de Operação (m ³ /h)	Consumo Específico (kWh/m ³)	Consumo (kWh/h)
0:00	86	1,17	100,92
1:00	71	1,41	100,12
Poço parado para recarga hidráulica			
6:00	64	1,56	98,87
7:00	100	1,01	101,42
8:00	141	0,80	113,09
9:00	166	0,79	131,06
10:00	179	0,79	142,05
11:00	183	0,79	145,42
12:00	183	0,79	145,42
13:00	178	0,79	140,93
14:00	175	0,79	138,70
15:00	166	0,79	131,06
16:00	155	0,79	122,09
17:00	153	0,79	120,27
18:00	155	0,79	122,09
19:00	163	0,79	127,94
20:00	154	0,79	121,17
21:00	136	0,81	110,45
22:00	118	0,88	104,03
23:00	105	0,97	101,85
Total	2.833		2.419

Apenas nos horários da 1:00 h e da 6:00 h apresentará um consumo específico superior ao Sistema de Abastecimento atual. No período entre as 8:00 h e 22:00 h, o consumo específico da alternativa de estagiamento, em 1ª etapa, desenvolvida pela Sanepar, será menor do que a apresentada no Projeto de Engenharia. Assim, verificou-se a possibilidade, em 1ª etapa, do incremento da Capacidade de Produção de 2.833 m³/dia, suficiente para o atendimento da demanda de 4.590 ligações de água ou para o atendimento do crescimento da demanda para os próximos 05 anos. O consumo específico médio, com energia elétrica, nesta 1ª etapa de operacionalização do poço, será de 0,86 kWh/m³. Desta forma, as unidades AAB-15, RAP-01 e EET-07, previsto no projeto original, deverão entrar em operação a partir do 6º ano do ciclo de vida do Poço P-28.

Para a implantação da alternativa, em 1ª etapa, compatibilizado com o projeto de engenharia concluído em 2014, far-se-á a necessidade de realizar as seguintes adequações:

– Redimensionamento do conjunto motor-bomba, implantação de inversor de frequência e adequação da classe de pressão do edutor e barrilete do Poço P-28, cujo incremento financeiro, em relação ao projeto original, é na ordem de R\$ 200 mil;

– Implantação de tubulação adutora entre o barrilete do Poço P-28 e a linha de recalque da futura elevatória EET-07, cujo incremento financeiro, em relação ao projeto original, é na ordem de R\$ 100 mil.

Desta forma, o custo de implantação as unidades previstas em 1ª etapa, conforme proposta desenvolvida pela Sanepar (Unidades Construtivas 01, 02, 04, 07 e 08 e adequações necessárias para compatibilização das alternativas) será de R\$ 3.387 mil, ou seja, uma redução financeira, de imediato, de R\$ 1.551 mil, em relação à proposta desenvolvida em projeto. No 5º ano do ciclo de vida do empreendimento, far-se-á a necessidade de implantação das demais unidades previstas em projeto, sendo a AAB-15, o RAP-01 e a EET-07, cujo custo orçado é de R\$ 1.851 mil, para a viabilização do horizonte de atendimento do Poço P-28.

Em termos de custos operacionais com energia elétrica, no período entre a implantação em 1ª etapa e o 5º ano do ciclo de vida do empreendimento, ter-se-ão 4.590 ligações de água com o consumo específico médio, referente ao abastecimento diretamente pelo Poço P-28, de 0,86 kWh/m³ e 1.240 ligações de água com o consumo específico médio, referente à atual condição do Sistema de Abastecimento, de 1,38 kWh/m³, totalizando o montante de R\$ 714 mil/ano. A partir do 6º ano até o horizonte de atendimento do empreendimento, ter-se-ão 5.830 ligações de água, que é a capacidade de atendimento do poço, com um consumo específico médio, referente ao projeto de engenharia, de 0,90 kWh/m³, com um custo operacional com energia elétrica de R\$ 663 mil/ano. Observa-se que, com a implantação, em 2ª etapa, das unidades previstas no projeto, a partir do 6º ano do ciclo de vida do empreendimento, haverá uma redução nas despesas operacionais, com energia elétrica, para o abastecimento da Área de Influência do Poço P-28.

Desta forma, durante o ciclo de vida da alternativa proposta pela Sanepar, ou seja, no período de horizonte de atendimento do crescimento da demanda do sistema, o custo unitário de implantação, em 02 etapas e de operação, em valor presente, será de R\$ 204,87/lig.ano, considerando uma taxa mínima de atratividade de 12 % a.a.. Esta redução do custo unitário de implantação e de operação, em relação à alternativa de projeto, significa uma redução financeira de R\$ 266 mil durante o horizonte de atendimento do Poço P-28, demonstrado, assim, a viabilidade de estagiamento do empreendimento, para este caso.

CONCLUSÕES

A atual demanda média diária do Sistema de Abastecimento de Água de Apucarana está superior a 27 mil m³/dia, para uma Capacidade de Produção de 30.330 m³/dia, o que exige atenção para a operação do sistema. Este cenário gera insegurança operacional, em função da possibilidade de ocorrência de dias seguidos de alta demanda. Em função deste cenário, desenvolveu-se um projeto de engenharia para a operacionalização do Poço P-28, que permitirá um horizonte do crescimento da demanda para os próximos 07 anos. Porém a empresa responsável pela elaboração do projeto fez a previsão de sua implantação em uma única etapa, a um custo unitário de implantação e de operação, em valor presente, de R\$ 211,39/lig.ano.

Desta forma, a Sanepar, através da Unidade de Serviço Eletromecânica Nordeste (USEM-ND), revisou o projeto de engenharia e elaborou uma alternativa, em 02 etapas, compatibilizado com o projeto de engenharia, para o abastecimento da Área de Influência proposta, diretamente pelo Poço P-28, através de conjunto motor-bomba submersa com inversor de frequência, devido à sazonalidade da RDA.

Inicialmente estudou-se 04 opções de conjunto motor-bomba para o abastecimento, para a definição da alternativa ótima. Observou-se que, com a redução da vazão de operação, elevava-se o consumo específico dos conjuntos motor-bomba, ou seja, para o cenário estudado, em condição de vazão inferior a 85 m³/h, não seria viável a operação do poço. Como é recomendado o regime de operação de 20 h/dia, decidiu-se que, para a 1ª etapa, no período compreendido entre 2:00 h e 6:00 h, não haveria a operação do mesmo. Desta forma, neste intervalo de tempo, o abastecimento da Área de Influência ocorrerá pelo Sistema de Abastecimento atual, por anel de distribuição existente, com válvula de retenção.

Para a alternativa ótima estudada, apenas nos horários da 1:00 h e da 6:00 h apresentará um consumo específico superior ao Sistema de Abastecimento atual. No período entre as 8:00 h e 22:00 h, o consumo específico para a 1ª etapa será menor do que a apresentada no projeto de engenharia. Assim, verificou-se a possibilidade, em 1ª etapa, do incremento da Capacidade de Produção de 2.833 m³/dia, suficiente para o atendimento da demanda de 4.590 ligações de água ou para o atendimento do crescimento da demanda para os próximos 05 anos.

Desta forma, durante o ciclo de vida da alternativa proposta pela Sanepar, ou seja, no período de horizonte de atendimento do crescimento da demanda do sistema, o custo unitário de implantação, em 02 etapas e de operação, em valor presente, será de R\$ 204,87/lig.ano. Esta redução do custo unitário de implantação e de

operação, em relação à alternativa de projeto de engenharia, significa uma redução financeira de R\$ 266 mil durante o horizonte de atendimento do Poço P-28, demonstrado, assim, a viabilidade de estagiamento do empreendimento, para este caso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZEVEDO NETTO, J. M. Manual de hidráulica. José Martiniano de Azevedo Netto; coordenação Roberto de Araujo; co-autores Miguel Fernandes y Fernandes, Acácio Eiji. 8ª edição. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.
2. PORTO, R. M. Hidráulica Básica. Rodrigo de Melo Porto. 2ª edição. São Carlos: EESC-USP, 1999.
3. 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.
4. www.ibge.gov.br – Site Oficial do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.