

XII-006 - ENTRE O TEMPO PARA ATENDIMENTO DA MANUTENÇÃO E O CUSTO DE OPORTUNIDADE DO CAPITAL IMOBILIZADO: UMA APLICAÇÃO DE RESERVAS ESTRATÉGICAS PARA POÇOS TUBULARES PROFUNDOS

Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz⁽¹⁾

Possui graduação em Engenharia Elétrica (2004), mestrado em Economia (2007) e doutorado em Economia (2012) pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Atualmente é engenheiro eletricista da Companhia Pernambucana de Saneamento. Na área de pesquisas, atua principalmente nos seguintes temas: regulação econômica, análise de investimentos, economia da energia e economia do saneamento.

José Antônio Charão Cunha⁽²⁾

Exerce o cargo de coordenador na Coordenação de Poços do Interior (CPI) na Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

Mariana Joyce Bezerra da Silva⁽³⁾

Possui Técnico em Eletrotécnica (2012) pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). Atualmente é estudante de Licenciatura Plena em Física (Dez/2017) pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e exerce função de técnica em manutenção elétrica industrial do Laboratório Farmacêutico do Estado de Pernambuco (LAFEPE).

Luiz Humberto Santos F. de Araújo⁽⁴⁾

Estudante de Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Endereço⁽¹⁾: Av. Saturnino de Brito, 472, Cabanga, Recife-PE. e-mail: karloseduardo@compesa.com.br

RESUMO

Neste trabalho, se apresenta um estudo de caso da metodologia utilizada para se definir a quantidade de equipamentos do tipo motor-bomba centrífugos submersos reservas, com o intuito de atender as demandas internas dos setores de operação e manutenção de poços tubulares profundos em caso de falha de um dos equipamentos em operação em uma empresa de saneamento. O principal objetivo foi verificar a possibilidade de se reduzir a quantidade de capital imobilizado necessário em equipamentos reservas. Para isso, considerou-se a possibilidade de se atenuar o número de reservas estratégicas, de forma a aceitar que os equipamentos não trabalhem no ponto ótimo de operação, mas dentro dos limites operacionais, mantendo a confiabilidade do sistema. O estudo foi desenvolvido em um subconjunto de 105 dos poços em operação e verificou-se que com 58 equipamentos reservas seria possível garantir reservas suficiente. Ao se analisar os resultados obtidos, percebe-se que o custo financeiro da perda de produtividade devido a não se utilizar o equipamento ideal, supera consideravelmente o custo de oportunidade do capital que fica imobilizado em estoques de reservas.

PALAVRAS-CHAVE: Tempo de reparo, estoque, bombas centrífugas submersas, eficiência operacional.

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais conflitos existente nas corporações ocorre na gestão de estoques, devido à definição da quantidade a ser imobilizada, pois se por um lado a maximização de estoques favorece aos setores de manutenção e operação, pois contribui para garantir altos níveis de disponibilidade e de confiabilidade, a minimização reduz as perdas no custo de oportunidade do capital que fica imobilizado em estoques e, portanto, contribui para os setores de finanças e controladoria.

No setor de saneamento não é diferente, ao contrário, pode ser mais intenso o problema, pois, normalmente, trata-se de empresa pública, que, devido aos aspectos legais a serem atendidos, possui um considerável tempo de aquisição de novos equipamentos e materiais.

A importância da existência de estoque advém da necessidade de se atender a uma demanda a partir de um processo de suprimentos (GIANESI, BIASI, 2013). Dessa forma, este setor preocupa-se com a demanda interna dos departamentos de operação e manutenção da empresa, os quais têm por objetivo atender a uma solicitação externa, necessidade de água.

Portanto, para dirimir o conflito é necessário que a empresa estabeleça quais os seus objetivos em termos de atendimento e disponibilidade do equipamento e, de posse dessas informações, defina o nível de estoque adequado para atingi-los.

Nesse contexto, será apresentado um estudo de caso em relação à gestão de estoques de conjunto motor-bomba centrífugo submerso (CMBCS), para atender a demanda do setor de manutenção, a fim de manter em operação um conjunto de 105 poços tubulares profundos (PTPs), em uma empresa que possui 250 em operação.

Em geral, essa empresa não possui poços em condições de entrar em operação, mas ociosos, o que consistiria numa “reserva quente”, ou seja, caso se precisasse, este seria colocado em funcionamento enquanto se daria a manutenção em outro.

Devido a esse fato, há a necessidade de se haver equipamentos reservas para em caso de falha ser possível substituí-lo, o que se caracteriza a “reserva fria”. Adiciona-se a este problema o fato de muitas unidades consumidoras serem atendidas exclusivamente por PTPs, não havendo, portanto, a possibilidade de intervenções operacionais que permitam o atendimento ao cliente externo, durante a manutenção do objeto.

Além disso, vale ressaltar que o custo para retirar um CMBCS e levá-lo para conserto sem colocar um reserva em operação, para depois instalá-lo novamente, é considerável, pois praticamente duplica os gastos com movimentação de equipes e equipamentos, além do tempo produtivo que se perde, pois ele interfere diretamente no faturamento da empresa.

Adiciona-se ao contexto, o fato de os PTPs possuírem características distintas entre si, como vazão de exploração, altura manométrica, temperatura da água, o que faz com que o equipamento adequado normalmente seja distinto entre as unidades.

Ao se estabelecer um equipamento reserva específico para cada unidade operacional, pode-se incorrer em perdas para a empresa, a principal delas se deve ao custo de oportunidade do capital imobilizado, que fora utilizado para isso. Sabe-se, porém, que, ao se aceitar a perda de eficiência por se fazer um CMBS trabalhar fora do ponto ótimo de operação, mas dentro dos seus limites operacionais, é possível se definir um subconjunto de equipamentos que sejam capazes de atender a todas as possíveis demandas internas.

Neste trabalho, se apresenta um estudo de caso da metodologia utilizada para se definir a quantidade de equipamentos CMBS para atender as demandas internas dos setores de operação e manutenção de PTP em uma empresa de saneamento, os ganhos e perdas de sua utilização e seus resultados. Para isso, ele se subdivide em Introdução, Revisão da Literatura, Metodologia, Caracterização da área de estudo, Resultados e Conclusões.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A performance da indústria depende do suporte da manutenção, de forma que a elevação da qualidade do serviço só é possível com o apoio efetivo da gestão da manutenção (Bhardwa; Antony, 2004). Apesar disso, em muitos casos, despreza-se a importância deste setor em relação aos demais na empresa.

Por outro lado, o dimensionamento de sobressalentes é extremamente importante para atenuação do tempo de reparo de um equipamento danificado, ou mesmo do número de ocorrências de falhas devido às manutenções preventivas (Reis et al., 2013). Sendo assim, o apoio do setor de suprimentos é essencial ao de manutenção, com vistas a garantir o seu correto funcionamento.

Contudo, há um limite financeiro para esse apoio, pois se por um lado a elevação da quantidade de estoques promove uma redução do tempo de reparo, bem como do número de ocorrências, por outro, isso representa uma elevação do capital imobilizado que possui um custo de oportunidade, que se agrava no setor público, pois implica em menos investimento em saneamento, o qual, segundo Cruz e Ramos (2013), está associado à redução de doenças gastrointestinais.

A maior parte do saneamento básico nacional é gerenciado e mantido por empresas de economia mista, cujo majoritário é o governo estadual. O que torna o processo de suprimentos mais complexo e demorado, visto que passa a estar submetido à Lei 8.666/93, de forma que a aquisição de materiais, equipamentos e serviços deve ocorrer mediante processos licitatórios salvo restrições contidas nela.

De fato, empresas públicas têm características que as distingue das, do setor privado. No entanto, as operações logísticas continuam a existir, de forma que a gestão de empresas de economia mista deve levar em consideração o componente logístico (VAZ; LOTTA, 2011). Ademais, as características intrínsecas às empresas deste tipo devem ser consideradas.

Quanto ao estoque de equipamentos, uma vez que ocorram manutenções corretivas, a existência de equipamento reserva garante a agilidade da manutenção no sentido de reestabelecer a continuidade da operação. Por isso, é comum as gerências responsáveis pela manutenção dos equipamentos desejarem manter grandes inventários de sobressalentes a fim de aumentarem a disponibilidade dos equipamentos por meio de manutenções corretivas mais rápidas (FREITAS, 2008).

De qualquer forma, vale destacar a importância de métodos quantitativos nesta definição, que em alguns setores ainda está incipiente. De acordo com Reis et al. (2013), em pesquisa realizada na região metropolitana do Recife, o principal critério utilizado para dimensionar os estoques para manutenção em grandes empresas é a experiência gerencial em 50% delas.

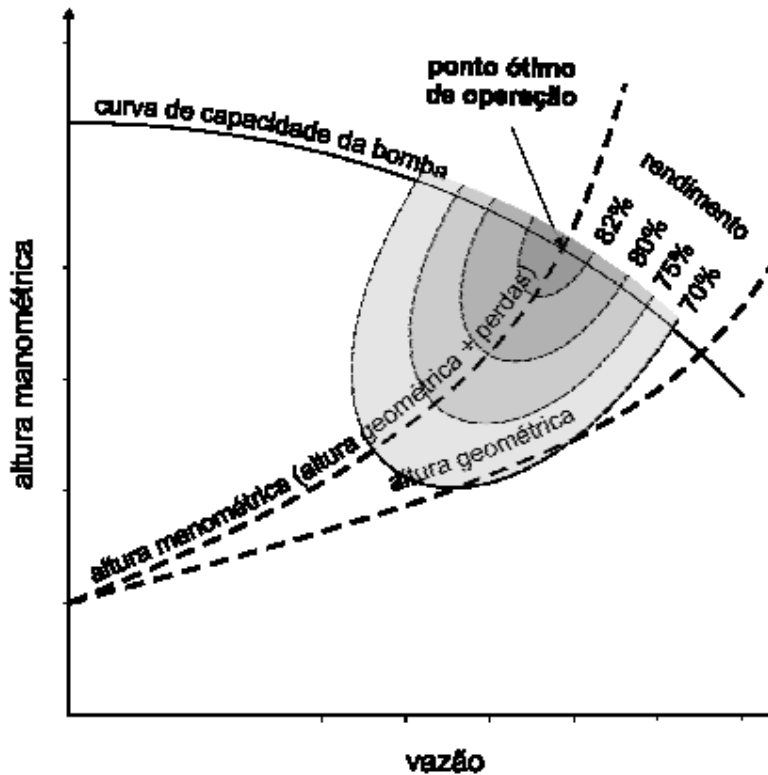
Por fim, vale ressaltar o ganho do processo licitatório, estudos têm apontado a natureza competitiva do processo licitatório normalmente provoca uma redução final no preço do equipamento (NUNES et al., 2007). Nestes tipos de equipamentos, nos últimos pregões, experimentou-se deságios acima de 20%.

3. DIMENSIONAMENTO DA BOMBA SUBMERSA

Para se dimensionar uma bomba submersa, é necessário considerar os aspectos construtivos, geológicos, elétricos e mecânicos, caso contrário o equipamento não funcionará de maneira adequada.

De posse dessas informações, é possível determinar qual o equipamento que será utilizado no PTP para a exploração da água. Importante destacar que, uma vez definida a altura manométrica total (AMT) e a vazão desejada (Q), pode-se determinar o equipamento CMBCS que será utilizado. No entanto, as demais características podem influenciar nessa definição, como posição dos filtros, nível dinâmico, características físico-químicas da água, etc.

Na Figura 1, é apresentado de forma ilustrativa, como varia o rendimento do equipamento ao se sair do seu ponto ótimo de operação. Verifica-se que, ao se alterar a altura manométrica total, a vazão fornecida pode aumentar ou diminuir, de forma não linear, mas o rendimento também se modifica.



FONTES: Perrone e Wendland (2006)

Figura 1 – Curva de performance da bomba submersa

Desse modo, deve-se buscar sempre deixar o equipamento próximo ao ponto ótimo de operação, com a finalidade de ser o mais eficiente possível no consumo de energia elétrica.

Ademais, é importante considerar que o CMBS possui naturalmente limites operacionais, cujos principais deles são as vazões mínima e máxima, os quais são importantes para garantir a capacidade de refrigeração do equipamento e a prolongação da vida útil dos elementos mecânicos.

Por fim, uma recomendação importante é que ao se sair do ponto ótimo, sempre se busquem alternativas em que o ponto de operação do equipamento na curva de capacidade esteja numa região de trabalho próximo a ele ou ao limite superior, de forma que no decorrer de sua vida útil, mesmo com o desgaste dos elementos mecânicos o equipamento permaneça acima do limite inferior.

4. METODOLOGIA

O primeiro passo para se definir qual a gestão de estoques adequada, foi obter as informações necessárias para o dimensionamento do equipamento, a saber: vazão, AMT, perfil construtivo do poço, características físico-químicas da água, intervalo da câmara de bombeamento, profundidade de instalação do equipamento, relatório técnico de perfuração.

De posse dessas informações, foi determinado o equipamento ideal para cada PTP. Depois foram dimensionados equipamentos que permitissem atender a grupos de no máximo 03 (três) PTPs, considerando que esteja dentro dos limites operacionais, tanto do equipamento quanto do poço.

Por fim, para analisar a relação custo-benefício ao se definir tal metodologia, foi comparado quanto se produziria com todos os PTPs operando equipamentos ideais, depois, quanto se passou produzir após a utilização de reservas estratégicas. Essa diferença foi multiplicada pelo tempo de utilização em um ano, considerando que os poços operam 24 horas. Essa variável foi definida como perda de produtividade (PPA), conforme equação 1, que apresenta quanto se perdeu em produção de água devido à aplicação da metodologia

$$\text{PPA} = (\text{Vazão produzida ideal} - \text{Vazão produzida real}) * 24 * 30 * 12 \quad (01)$$

Para se saber quando se perdeu em faturamento, multiplicou-se a PPA pelo índice de perda de faturamento (IPF) da empresa, que foi obtido mediante o indicador IN023 do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS) para o ano de 2015 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2015), e pelo valor do m³ de água consumido. Essa variável é apresentada na equação 02, cuja denominação é perda de faturamento.

$$\text{PF} = \text{PPA} * \text{IPF} * \text{Tarifa} \quad (02)$$

Vale ressaltar, porém, que a tarifa de água é distinta pelo tipo de consumidor (social, residencial, comercial, público, industrial), bem como pela quantidade consumida. Dentre elas, a mais barata ocorre para o tipo de consumidor tarifa social, um valor intermediário é o residencial. Por isso, será considerado esses dois tipos de tarifas como cenário, bem como que cada consumidor consumirá os seus 10 m³, sem ultrapassá-lo.

Para analisar o ganho por reduzir o estoque foi comparado o capital retido em termos de valores financeiros (VF) no cenário de se utilizar um equipamento específico em cada PTP, ao caso em que é utilizado um equipamento reserva por grupos de poços (reservas estratégicas). O nome desta variável foi redução de capital imobilizado (RCI), conforme equação 03.

$$\text{RCI} = \text{VF de reserva individual} - \text{VF de reserva por grupos} \quad (03)$$

Para dimensionar o ganho, foi considerado, como alternativa de investimento para a empresa, títulos financeiros, dessa forma haverá a possibilidade desse dinheiro excedente ser reinvestido em aplicações que remunerem a taxa SELIC do ano em consideração, já descontado imposto de renda e custos de administração e performance, essa variável será denominada ganho em redução de capital imobilizado (GRCI), conforme equação 04.

$$\text{GRCI} = \text{RCI} * \text{Taxa Selic} \quad (04)$$

Por fim, deve-se mensurar o próprio ganho do processo licitatório, para isso foram comparados os preços de catálogo dos fabricantes aos preços obtidos em pregão eletrônico de Atas de Registro de Preço (ARP), em que a empresa licita uma lista de equipamentos que podem ser requisitados e, em caso de necessidade, ela adquire-o pelo preço vencedor.

Essa variável foi denominada ganho com o processo licitatório (GPL), que foi obtida da diferença de valor dos equipamentos adquiridos como reserva pelo preço de catálogo e o valor do equipamento adquirido por processo licitatório, conforme equação 5.

$$\text{GPL} = \text{Valor de Catalogo dos equipamentos reserva} - \text{Valor dos equipamentos reservas em ARP.} \quad (05)$$

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi considerado que para 105 PTPs foram necessários 45 modelos de CMBCS distintos para que fossem atendidos todos eles. Neste cenário, em determinados casos se produziu aquém do ponto ótimo, de forma que, ao final de um ano, a empresa deixa de produzir 300.552,04 m³, conforme é apontado na Tabela 1.

Essa redução na produtividade foi analisada em dois cenários: se todos os consumidores fossem do tipo tarifa social, que é o menor valor ofertado pela empresa, neste caso, equivale a uma perda de faturamento de R\$ 164.984,49 ao ano; ou no cenário de todos os consumidores utilizarem tarifa residencial, que representa o maior conjunto de consumidores da empresa, neste caso, a perda de faturamento seria de R\$ 789.175,80 ao ano.

Tabela 1 – Resultado do processo licitatório

Variáveis	Valor
Valor produzido ideal (m ³ /h)	4284,82
Valor produzido real (m ³ /h)	4250,03
PPA (m ³)	300.551,04
IPF (2015)	34,65%
Tarifa social (R\$/m ³)	0,84
Tarifa Residencial (R\$/m ³)	4,018
PF _{tarifa social}	164.984,49
PF _{tarifa residencial}	789.175,80

Fonte: elaborado pelo autor por meio de dados obtidos no SNIS (2015) e no website da empresa em análise

Baseados nos 45 modelos, verificou-se que seriam necessários 58 grupos de reservas para atender às 105 unidades operacionais, de forma que em alguns grupos haveriam mais de uma unidade, mas sem jamais superar o número limite de três PTP. Dessa forma, foi necessário adquirir 58 equipamentos.

Ao se comparar este cenário com a aquisição de 105 equipamentos reservas, percebe-se que a empresa deixa de imobilizar R\$ 604.620,90, o que implica num ganho de retorno financeiro de R\$ 68.019,85 ao ano, para alternativa de investimento de se aplicar o capital em títulos financeiros, conforme se verifica na Tabela 2.

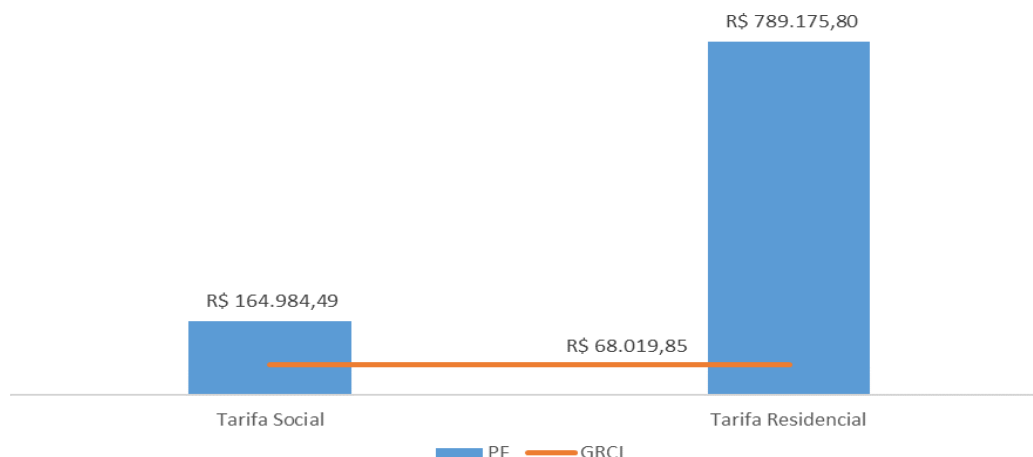
Tabela 2 – Resultado do processo licitatório

Variáveis	Valor (R\$)
Valor final das reservas individuais	1.362.628,75
Valor final das reservas estratégicas	758.007,85
RCI	604.620,90
Taxa Selic	11,25%
GRCI	68.019,85

Fonte: elaborado pelo autor

No entanto, sabe-se que o ganho pode superar isso, por se tratar de empresa de saneamento, portanto, este dinheiro pode ser utilizado em outros projetos de investimento no setor de saneamento que possivelmente promova a melhoria da qualidade de vida da população, fato este complexo para ser valorado.

Ao se comparar os resultados obtidos, verifica-se que a utilização de reservas estratégicas, apesar de viabilizar o processo de aquisição, visto que o fato de diminuir a quantidade de modelos facilita a operacionalidade do processo licitatório, não traz ganhos significativos à possibilidade de se utilizar reservas específicas para cada PTP. Na Figura 2, são apresentados os dois cenários e verifica-se que mesmo na alternativa de menor faturamento, ainda este valor supera o ganho em se reduzir a quantidade de capital imobilizado.



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 2 – Gráfico comparativo de cenários

Por fim, vale destacar a importância da aquisição em grandes lotes por meio de um processo licitatório, na Tabela 3, é apresentada a diferença entre a aquisição das reservas estratégica por meio de ARP e o preço de catálogo, percebe-se que houve um ganho de R\$ 178.169,15, o que equivale a um deságio de 19,03%.

Tabela 3 – Comparativo dos valores do processo licitatório

Variáveis	Valor (R\$)
Valor de ARP	758.007,85
Valor de catálogo	936.177,00
Deságio	19,03%

Fonte: elaborado pelo autor

Desse modo, verifica-se que a perda de faturamento supera o custo de oportunidade do capital imobilizado, bem como o deságio promovido pelo processo licitatório, o que numa análise simplista poderia indicar ser preferível dimensionar o equipamento ótimo para todos os PTPs atenuando a possibilidade de se utilizar reservas de equipamentos estratégicas, grupo de 03 unidades operacionais.

No entanto, há variáveis qualitativas e quantitativas de difícil mensuração que não foram consideradas na análise, como, por exemplo, a limitação financeira imposta às empresas de saneamento, o que a impede muitas vezes que ela se utilize do capital necessário para a definição de reservas, como também a dificuldade do processo licitatório em se definir ARP para equipamentos individuais de todos os poços.

6. CONCLUSÕES

Uma grande dificuldade nas corporações, e que tem gerado conflito entre os departamentos, tem ocorrido na definição do estoque ótimo, pois se por um lado os setores de manutenção e suprimentos buscam maximizar o estoque de forma a garantir o tempo de atendimento, por outro, o financeiro e a contabilidade procuram minimizá-lo, com o objetivo de atenuar o capital imobilizado.

No setor de saneamento não é diferente, ao contrário, por se tratar muitas vezes de empresas públicas, com o trâmites impostos do processo licitatório, o tempo de atendimento tende a elevar-se, intensificando este conflito.

Neste trabalho, foi apresentada uma aplicação para bombas submersas utilizadas em poços tubulares profundos, em que se definiu reservas estratégicas de forma a identificar uma solução ótima, que garantisse um estoque mínimo com a possibilidade de substituir qualquer equipamento em caso de falha.

Para isso, foram estabelecidos CMBCSs que fosse possível a utilização em mais de um PTP, quando viável tecnicamente, de forma que foi necessária a aquisição de 58 equipamentos para se ter reservas estratégicas para um conjunto de 105 unidades operacionais.

Com isso, verificou-se ser possível deixar de imobilizar R\$ 604.620,90, que poderia ser utilizado em outras alternativas de investimentos, com um custo de oportunidade de R\$ 68.019,85 ao ano, ao se considerar a possibilidade em se obter rentabilidades equivalentes à taxa SELIC, a qual equivale a 11,25% em maio de 2017. No entanto, a empresa deixaria de faturar R\$ 164.984,49 no ano, se todos os consumidores fossem tarifa social, o que corresponde a menor tarifa da empresa.

No entanto, caso todos os consumidores fossem do tipo residencial, a empresa deixaria de faturar R\$ 789.175,80. Provavelmente o faturamento real esteja numa composição destes consumidores. De qualquer forma, o custo de oportunidade do capital imobilizado está aquém da perda de faturamento, de forma que é mais atrativo para a empresa a utilização de reservas específicas para cada unidade.

No entanto, deve-se considerar as limitações financeiras da empresa, de forma que muitas vezes se faz necessário a utilização de reservas estratégicas devido a restrições de mercados, o que torna o custo de oportunidade do capital muito superior ao mensurado, pois ele só pode vir mediante empréstimos.

Por isso, um avanço nas pesquisas pode indicar a definição da confiabilidade da empresa a partir da adoção de reservas estratégicas, bem como o acréscimo aos custos devido ao equipamento muitas vezes trabalhar fora do ponto de melhor rendimento.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CRUZ, K. E. A.; RAMOS, F. S. **A importância da universalização do saneamento básico e de políticas socioeconômicas para redução de internações por infecções gastrointestinais.** In: XXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013, Goiânia - GO. Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013.
2. Freitas, Rafael Paradella. Controle de estoque de peças de reposição: revisão da literatura e um estudo de caso, 76f, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial), Pontifícia Universidade Católica (PUC), Rio de Janeiro.
3. GIANESI, Irineu G., Biazzi, Jorge Luiz. Gestão estratégica dos estoques. **Revista de Administração**, v. 46, n.3, p.290-304, jul/ago/set 2011.
4. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2015. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento 2015. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br>>. Acesso em: maio 2017.
5. NUNES, Jacqueline, LUCENA, Rosivaldo L., SILVA, Orlando G. Vantagens e desvantagens do pregão na gestão de compras no setor público: o caso da Funasa-PB. *Revista do Setor Público*, Vol. 58, n. 2, p. 227-243, Brasília, Abr/Jun, 2007.
6. PERRONI, Julio Cesar Arantes; WENDLAND, Edson Cezar. Avaliação da eficiência energética em poços profundos utilizados para abastecimento público. RBRH : Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 123-134, jun./set. 2006, 2AD
7. REIS, Ana Carla Bittencourt; COSTA, Ana Paula Cabral Seixas; ALMEIDA, Adiel Teixeira. Diagnóstico da gestão da manutenção em indústrias de médio e grande porte da região metropolitana de Recife. **Produção**, vol.23, no.2, p.226-240, ISSN 0103-6513, Jun 2013.
8. VAZ, José Carlos; LOTTA, Gabriela Spanghero. A contribuição da logística integrada às decisões de gestão das políticas públicas no Brasil. **Revista de Administração Pública**, vol.45, no.1, p.107-139, ISSN 0034-7612, Fev 2011.