

Instrumentação para Água de Selagem

DANIEL AMARAL PINHEIRO
 Projetos de Instrumentação e Controle
 (daniel.eletronica@yahoo.com.br)

Resumo: Bombas centrífugas de polpa são amplamente utilizadas em processos industriais, incluindo as plantas de mineração. Estes equipamentos necessitam de um selo para seu eixo, e este é normalmente lubrificado e arrefecido com água. Este sistema de água de selagem deve atender aos requisitos de processo e dos fabricantes de bombas com relação à sua pressão e vazão. Com o objetivo de atender estes requisitos, são instalados nas linhas de selagem instrumentos de monitoração e controle, de forma a assegurar a correta condição de operação das bombas. A incorreta utilização da instrumentação e controle e, conseqüentemente, o funcionamento das bombas fora das condições especificadas geram problemas na eficácia do processo industrial e podem resultar na danificação das bombas. Por isso, é essencial que a instrumentação utilizada na selagem seja corretamente projetada, de forma a assegurar a especificada condição operacional das bombas.

Palavras-Chave: Instrumentação, Água, Selagem, Pressão, Vazão, Bombas

I - INTRODUÇÃO

Conforme divulgado pela SIEMENS (2008), na campanha do 3º Prêmio Werner Von Siemens de Inovação Tecnológica: “Entende-se por Inovação Tecnológica alterações e/ou criações tecnológicas significativas em produtos e processos.”

Dentro deste contexto de inovação tecnológica, pretende-se neste Artigo Técnico o estudo de um conceito para a instrumentação e controle de água de selagem para bombas centrífugas de polpa. Este tipo de bomba é amplamente utilizado em plantas de mineração e em outros processos industriais.

Serão discutidos os princípios de funcionamento do sistema de instrumentação e controle convencional, amplamente utilizado nos complexos industriais, observando as características técnicas relacionadas às suas funções. Após esta etapa, será proposto um sistema de instrumentação e controle, cujas vantagens e funcionalidades técnicas serão detalhadas.

Uma comparação funcional entre os dois sistemas, demonstrando as vantagens técnicas e econômicas do sistema proposto, determinará a inovação tecnológica proposta neste artigo.

II – BOMBAS DE POLPA

De acordo com a publicação da WARMAN (1998), toda bomba centrífuga de polpa normalmente possui um eixo passando através de seu invólucro, apoiado sobre um mancal. Conseqüentemente, todas necessitam de um selo para o eixo. Desta forma, evita-se que a polpa contida na

câmara interna da bomba (alta pressão) flua para a parte externa (baixa pressão).

Selos tipo gaxeta têm sido tradicionalmente utilizados e, com cuidados e atenção apropriados, tornam-se uma solução de selagem confiável e de baixo custo.

A gaxeta fica enclausurada na caixa de gaxeta, contida no invólucro da bomba. O eixo é normalmente protegido através de uma luva, que é feita com um material resistente a desgaste para prolongar a sua vida útil.

Em bombas de água, o fluido bombeado (água) pode ser utilizado para resfriar e lubrificar a gaxeta ao longo de seu contato com o eixo. Já as bombas de polpa, operam com partículas sólidas, que desgastam o conjunto e diminuem muito sua vida útil. Para estas situações, é uma prática comum injetar um líquido limpo de selagem (normalmente água) na caixa de gaxeta para impedir a entrada de partículas sólidas e também resfriar e lubrificá-la.

A água de selagem deve ser fornecida na pressão e vazão corretas para assegurar uma longa vida útil da gaxeta e do eixo. A pressão é o item mais crítico para atingir uma satisfatória vida útil do eixo. A vazão, sendo o segundo item mais importante, é determinada pelas dimensões da caixa de gaxeta e ajustável através do aperto da mesma.

Ainda segundo WARMAN (1998), a pressão de água de selagem deve ser controlada dentro de limites aceitáveis. Normalmente, esta pressão deve estar entre 35 e 70 kPa (0,35 a 0,70 kgf/cm²) acima da pressão de recalque da bomba de polpa. Isto significa que a água entrará na bomba com pressão suficiente para impedir a saída de partículas sólidas.

Se a pressão for muito baixa, a polpa pode fluir para dentro da caixa de gaxeta, resultando na contaminação do engaxetamento pelo fluido bombeado (polpa de minério). Uma vez que partículas sólidas incrustem no engaxetamento, não será mais possível a sua remoção através da água de selagem. Desta forma, ocorrerá um desgaste excessivo e a conseqüente parada da bomba para manutenção.

Se a pressão for muito alta, irá causar a extrusão da gaxeta e das extremidades da bomba junto à caixa. A extrusão do engaxetamento causa sua degradação e o aumento da vazão de selagem. Pressões de selagem até 200 kPa acima da pressão de recalque reduzem substancialmente a vida útil do engaxetamento. Pressões acima deste valor danificam todo o engaxetamento e por conseqüência, a bomba.

Assim como a pressão, a vazão baixa resulta na contaminação do engaxetamento pelo fluido bombeado (polpa de minério). Isto ocorre frequentemente em sistemas de água de selagem sem controle individual de vazão para cada bomba. Neste caso, uma bomba de baixa pressão absorve grande parte do fluxo de selagem disponível, em detrimento do fluxo necessário para as bombas de alta pressão.

A pressão e a vazão devem ser controladas para cada selagem.

III – ÁGUA DE SELAGEM

A configuração do sistema de água de selagem, amplamente utilizada nos projetos, é composta por um tanque principal e bombas de distribuição.

Podem ser utilizadas uma ou mais bombas de acordo com o número de pontos de consumo (selagem de bombas) da planta. Também são utilizadas bombas reservas para o caso da bomba principal estar em manutenção.

De acordo com as distâncias entre o tanque principal e as diversas áreas do processo, pode-se utilizar mais de uma etapa de bombeamento, para suprir uma ou mais bombas de polpa que estiverem numa área distante das demais.

A Figura 1 apresenta um arranjo típico, composto por um tanque TQ-01, duas bombas de água BA-01 e BA-02 e seis bombas de polpa BP-01 a BP-06. Neste arranjo, considerou-se apenas uma etapa de bombeamento.

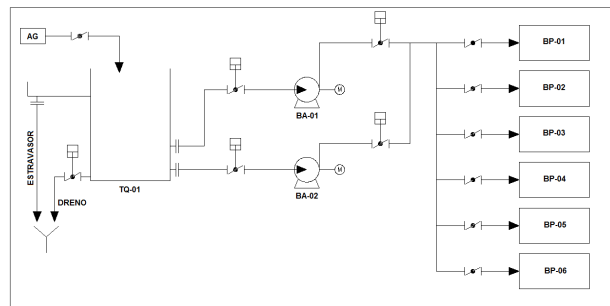


Figura 1: Arranjo Típico para Água de Selagem

Como ocorre na maioria dos projetos, as bombas de polpa BP-01 a BP-06 são utilizadas em áreas diferentes do processo, como Moagem e Flotação, ou até mesmo em etapas diferentes de bombeamento dentro de uma mesma área. Desta forma, elas possuem especificações diferentes de potência, diâmetros (sucção e recalque) e pressão (recalque).

CARVALHO (2002) demonstra o cálculo de dimensionamento de bombas e seus requisitos necessários de processo para um funcionamento adequado, bem como os cálculos de perda de carga nos circuitos de distribuição.

Considerando que a distribuição é feita por uma única linha (tubulação), da qual são projetadas ramificações para atender as bombas, o valor das pressões nas linhas de selagem é praticamente o mesmo para todas as bombas, tendo como diferenças a perda de carga causada pela

tubulação entre os circuitos e a altura manométrica. No caso de mais de uma etapa de bombeamento, as respectivas bombas estarão sujeitas à mesma situação, e os valores das pressões nas linhas de água de selagem serão praticamente idênticos.

Como as bombas possuem características diferentes (potência, diâmetros, pressões), elas necessitarão de diferentes pressões e vazões de água de selagem (dados dos fabricantes). Também deve ser considerado que a vazão de água somente é necessária quando as bombas estiverem funcionando, ou seja, deverá ser cortada quando a bomba parar.

Nota 1: Como existem vários modelos de bombas centrífugas de polpa e com vários fabricantes, não serão citadas as condições de processo (pressão e vazão) para água de selagem de um modelo específico. Desta forma, este Artigo Técnico torna-se mais abrangente, pois o comportamento operacional das bombas frente às leis físicas que governam o processo é o mesmo, independente da faixa numérica em que se encontram seus dados do fabricante.

Quando ocorre a parada de uma ou mais bombas (manutenção ou condição operacional do processo), ou a partida de uma nova bomba, a distribuição de água no circuito de selagem sofrerá alteração. No caso de parada, o fluxo que estava suprindo esta bomba será distribuído para as demais e, no caso de partida, uma parte do fluxo das demais irá suprir a nova bomba do circuito. Estes fluxos de cada bomba variarão de acordo com as respectivas características construtivas, ou seja, o fluxo será maior na bomba que possuir a menor capacidade de restrição e será menor na que possuir capacidade de restrição de fluxo maior. A água tende a fluir pelo circuito que proporciona maior facilidade (menor restrição).

Desta forma, pode ocorrer que para duas bombas com características diferentes (pressão e vazão de selagem necessária), a vazão de selagem esteja acima da solicitada (dado dos fabricantes) para uma bomba e abaixo da solicitada para a outra, o que prejudicará o funcionamento e diminuirá suas vidas úteis. Ainda considerando o circuito da Figura 1, pode-se observar que se duas bombas (BP-01 e BP-02, por exemplo) possuem características diferentes, elas necessitarão de diferentes níveis de pressão de água de selagem. Entretanto, pelo circuito utilizado, estes níveis de pressão podem ser praticamente os mesmos (a diferença é a perda de carga na tubulação entre as bombas e a altura manométrica, que podem ser muito pequenas dependendo do arranjo), o que conforme citado, prejudicará o funcionamento e a vida útil das bombas.

Tudo isto depende de um equilíbrio que se altera de acordo com as mudanças no funcionamento do processo (paradas ou partidas de bombas). Por isto, é utilizado o recurso de instrumentação industrial, para monitoração e controle das variáveis de processo (pressão e vazão), de forma que se possa assegurar a correta condição operacional das bombas.

IV – INSTRUMENTAÇÃO CONVENCIONAL

Na Figura 2 está representado o sistema de instrumentação tradicional para água de selagem, amplamente utilizado nas plantas industriais.

Para cada bomba de polpa, em suas respectivas linhas de água de selagem, são instalados um manômetro (PI), uma chave de vazão (FSL) e uma válvula solenóide (PY).

Nota 2: Os Tag's dos instrumentos estão conforme a Norma ISA-S5.1.

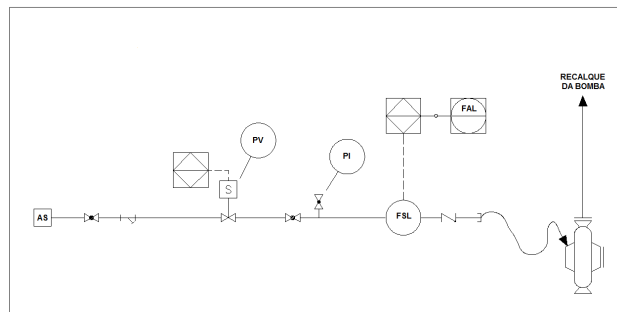


Figura 2: Instrumentação Convencional para Água de Selagem

O manômetro tem a função de indicação local da pressão na linha de selagem da bomba.

A chave de vazão detecta a presença de fluxo na linha e envia um sinal para o CLP. Caso este fluxo caia abaixo de um limite pré-estabelecido (dado do fabricante), a chave de vazão enviará para o CLP um sinal de detecção de fluxo baixo e será gerado um alarme (FAL) no sistema de controle, o qual desligará a bomba de polpa.

Entretanto, em caso de rompimento da mangueira (que conecta a tubulação à caixa de gaxeta), teremos um excesso de vazão na tubulação e vazão zero na selagem, o que não será detectado pelo sistema de controle.

A válvula solenóide (PV) tem a função de permitir a abertura e fechamento do fluxo de água de selagem para a bomba. Quando a bomba está parada, a válvula permanece fechada, quando a bomba vai entrar em funcionamento, o CLP envia um sinal para a válvula abrir. Após a abertura da válvula, a bomba entra em funcionamento.

A bomba entrará em funcionamento somente se a válvula estiver aberta e se a chave de vazão indicar uma vazão na linha acima de um limite pré-estabelecido (dado dos fabricantes).

Para o sistema de controle convencional, nota-se que o CLP controla apenas se a vazão está acima do limite mínimo de funcionamento, ou seja, caso a vazão seja muito maior do que o valor mínimo, não será possível mensurar o volume de água utilizada na selagem da bomba.

Com relação à pressão, este arranjo não permite nenhuma monitoração e controle, pois o manômetro indica apenas a pressão local na linha, sem nenhuma comunicação com o CLP. Desta forma, se a pressão estiver acima ou

abaixo do valor solicitado pelo fabricante da bomba, não será possível mensurar e nem controlar.

V – SISTEMA PROPOSTO

Na Figura 3 está representada uma solução mais efetiva para a instrumentação e controle do circuito de água de selagem.

Para cada bomba, em suas respectivas linhas de água de selagem, são instalados dois manômetros (PI), um medidor de vazão (FIT) e uma válvula de controle e bloqueio tipo diafragma (PV), comandada por piloto (PCV) e válvula solenóide (PY).

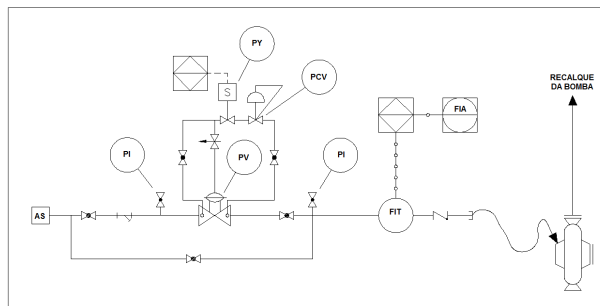


Figura 3: Instrumentação Proposta para Água de Selagem (Típico 01)

Uma vez conhecida a pressão de recalque, que é dimensionada no projeto de engenharia que especificou o processo, pode-se elaborar um sistema de controle para a água de selagem, levando em consideração que os fabricantes de bombas informam quais devem ser a pressão e a vazão específicas de selagem para o funcionamento adequado da bomba.

De acordo com RAIN BIRD (2003), o piloto (PCV) é um dispositivo de regulação de pressão que automaticamente compensa as variações de pressão do sistema ao conduzir a água para dentro ou para fora da câmara de controle da válvula (PV). Desta forma, controla-se a pressão ajustando a posição do diafragma da válvula (PV).

Conhecendo a pressão do recalque da bomba (que é dimensionada no projeto da planta), pode-se ajustar a pressão de selagem através de um parafuso de ajuste do piloto (PCV), assegurando assim o nível de pressão de selagem requerida pela bomba.

Na partida da planta, através da leitura dos dois manômetros (PI), faz-se o ajuste do piloto (PCV) de modo que a pressão na linha de selagem da bomba esteja no nível solicitado pelo fabricante da bomba.

Uma vez ajustado o piloto, pode-se fazer um controle ON-OFF do sistema através da válvula solenóide (PY) que está conectada ao CLP. Quando a bomba está funcionando, a válvula solenóide está aberta e o nível de abertura da válvula diafragma (PV) é modulado pelo ajuste do piloto, assegurando o nível de pressão de selagem requerida. Quando a bomba está parada, o CLP manda um comando para a válvula solenóide fechar. O fluxo é inteiramente

conduzido para a câmara da válvula diafragma, fechando-a completamente.

No caso da válvula solenóide estar fechada, o piloto não receberá nenhum fluxo de água, mas o seu ajuste feito anteriormente será mantido, ou seja, quando a bomba for partir novamente, basta o CLP enviar um sinal para a válvula solenóide abrir o fluxo para o piloto, que este modulará a pressão conforme ajustado e a bomba funcionará normalmente (com a pressão de selagem ajustada).

Uma vez assegurada que a pressão de selagem esteja dentro da faixa especificada pelo fabricante da bomba, a vazão dependerá do estado de conservação de seu engaxetamento. Através do medidor de vazão (FIT) instalado na linha de selagem, pode-se monitorar este estado.

Considerando que o medidor de vazão estará ligado ao CLP e, uma vez conhecendo a vazão necessária de selagem da bomba (dado do fabricante), o aumento ou redução da vazão indicará o estado de conservação do engaxetamento.

Um desgaste causará um aumento da vazão de selagem. Pode-se, a partir deste dado, fazer uma programação de manutenções preditivas de forma a assegurar sempre uma boa condição operacional da bomba.

O medidor de vazão também detecta o acúmulo de partículas no engaxetamento, que pode ser causado por partículas sólidas do fluido bombeado (polpa de minério, por exemplo) ou até mesmo por partículas contidas na própria água de selagem. Para estas condições, o medidor detectará a diminuição da vazão, gerando também a informação necessária para a programação de uma manutenção preditiva.

Nota 3: Levando em consideração o grande número de bombas de polpa que geralmente se encontram instaladas nos complexos industriais e que, conforme citado, partículas sólidas contidas na água de selagem podem prejudicar o engaxetamento das bombas, recomenda-se que seja dimensionado um sistema composto de filtro auto limpante para o sistema geral de água de selagem distribuída na planta.

Todas as funcionalidades deste sistema de instrumentação permitem uma melhor produtividade da planta, evitando paradas não programadas devido à quebra (bomba e engaxetamento). Com uma correta condição operacional assegurada e através das manutenções preditivas, obtidas através deste sistema, consegue-se também prolongar a vida útil das bombas e de seus engaxetamentos.

As funcionalidades deste sistema de instrumentação ficam claras, porém, elas se restringem às situações de processo em que a pressão de recalque das bombas não sofre variação significativa (a maioria dos casos).

Para as situações em que a pressão de recalque sofre grandes variações (exemplo: bombeamento de polpa para

Filtros Prensa), deve-se substituir a válvula de controle e bloqueio tipo diafragma por uma válvula de controle modulado (PCV). Deve-se ainda instalar um transmissor de pressão diferencial (PDIT) para a medição da diferença de pressão entre a linha de selagem e a linha de recalque da bomba, conforme Figura 4.

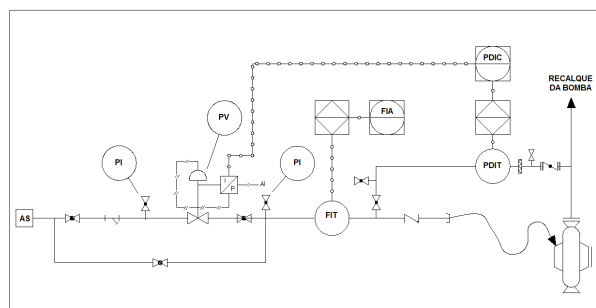


Figura 4: Instrumentação Proposta para Água de Selagem (Típico 02)

O medidor de pressão diferencial e a válvula de controle modulado estarão conectados ao CLP. Quando houver variações na pressão de recalque, o transmissor de pressão diferencial enviará esta medição para o CLP onde, através de uma malha de controle (PDIC), será gerado um sinal para que a válvula de controle abra ou feche (de acordo com a variação de pressão) até que a diferença de pressão entre as linhas se estabilize no valor pré-estabelecido no sistema de controle (valor especificado pelos fabricantes de bombas). A malha de controle utilizada pode ser um PID (Proporcional, Integral e Derivativo) convencional.

Desta forma, mesmo ocorrendo grandes variações na pressão de recalque, consegue-se assegurar que a pressão de selagem estará sempre dentro das especificações dos fabricantes.

VI – COMPARATIVOS FUNCIONAIS

Conforme análise e dentro dos requisitos de processo requeridos pelos fabricantes de bombas de polpa, o sistema de instrumentação e controle convencional não atende, pois não garante a pressão nem a vazão necessárias para selar a bomba.

As bombas instaladas na planta funcionarão fora das condições especificadas pelos fabricantes e as paradas para manutenção corretiva tendem a ser freqüentes.

Analisando tecnicamente o sistema proposto (as duas alternativas), e todas as suas funcionalidades, fica claro que ele assegura todos os requisitos necessários para o correto funcionamento das bombas de polpa. Tem-se confiabilidade no processo, pois as duas variáveis (pressão e vazão) que têm valores específicos requeridos pelos fabricantes são monitoradas e controladas.

VII – VIABILIDADE ECONÔMICA

Existe uma grande dificuldade em demonstrar numericamente a viabilidade econômica ao optar, em um projeto, pelo sistema de instrumentação e controle proposto. Isto se deve ao fato de que os gestores de implantação dos empreendimentos estão focados em CAPEX, ou seja, o

capital gasto para a elaboração e implantação da planta industrial.

O custo de CAPEX para a implantação do sistema proposto é maior do que o do sistema convencional, mas quando analisamos o OPEX (custo operacional da planta) esta situação se inverte, pois como tecnicamente analisado, o sistema convencional tende a causar freqüentes eventos de parada para manutenção corretiva, enquanto o sistema proposto assegura uma maior confiabilidade operacional e prolonga a vida útil das bombas.

Desta forma, apesar do sistema proposto ter um custo de investimento (CAPEX) maior, ele propiciará uma grande economia com manutenções corretivas durante todo o ciclo operacional da planta.

Um outro fator importante é a água utilizada no processo. Conforme foi observado, no sistema convencional a chave de vazão monitora apenas se o fluxo está acima de um limite pré-estabelecido (especificação dos fabricantes). Desta forma, não se tem nenhuma monitoração e controle caso este fluxo esteja muito acima do especificado, o que causará o desperdício de água.

Quando analisado pontualmente, o volume de água é pequeno, mas numa planta industrial tem-se uma grande quantidade de bombas, o que tornará este volume bastante significativo. Considerando ainda que a água utilizada na selagem seja usualmente bombeada de um sistema de captação, conclui-se que o seu desperdício é também um desperdício de energia elétrica.

Outro fator a ser considerado é a contaminação do processo. Em malhas de controle de vazão, densidade, pH e de adição de reagentes, o volume não controlado de água pode prejudicar toda a sintonia dos algoritmos computacionais de controle.

Desta forma, considerando que o sistema de instrumentação e controle proposto não irá desperdiçar água nem energia elétrica, não irá contaminar o processo e ainda gerará economia com manutenções corretivas, conclui-se que o sistema é economicamente viável.

VIII - CONCLUSÃO

Após a compreensão dos requisitos do processo e dos fabricantes de bombas em relação ao funcionamento do sistema, tem-se um claro entendimento sobre a necessidade do sistema de água de selagem e de seu controle. Com isto, através da análise técnica e funcional do comportamento do sistema de instrumentação e controle proposto, e também de sua viabilidade econômica, fica evidente a sua aplicação não só na área de mineração, como nos mais diversos segmentos da indústria que utilizam bombas centrífugas de polpa.

Enfoca-se também a importância da quebra dos paradigmas e da abertura para novas tecnologias e conceitos. Inovações tecnológicas, das mais simples e com grande facilidade de implantação, até as mais complexas, surgem frequentemente nos mais variados campos do

conhecimento. Desta forma, o diferencial que as empresas devem buscar, tanto na concepção quanto na operação de um processo industrial, é uma abertura para uma contínua melhoria nas tecnologias adotadas.

Outro ponto de grande relevância a se observar é a preocupação com o meio ambiente e a adequação dos processos com relação ao uso consciente dos recursos escassos (água). Foi observado que uma concepção errônea do sistema de selagem pode gerar o desperdício de água e energia elétrica, o que é evitado através do sistema proposto.

COUTO (2007) aborda a concepção de projetos respeitando as questões ambientais: *”despertar a consciência ecológica, principalmente nas pessoas que lidam com projetos causadores de impactos ambientais, exemplificando de forma explícita que capitalismo e cuidado com o Ethos podem e devem coexistir com harmonia, alcançando lucros para ambos.”*

Portanto, conclui-se que o sistema proposto, além de assegurar a correta condição de funcionamento do processo e evitar paradas com manutenções, também respeita o meio ambiente, provendo o uso racional (consciente) de água e energia elétrica.

IX – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, D. F. Instalações Elevatórias: Bombas. 6ª Edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Civil – IPUC, 2002.

COUTO, S. F. Construir Respeitando a Morada: o Cuidado com o Ethos. 2007. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Empreendedora de indústria) – Faculdade de Tecnologia SENAI, Belo Horizonte.

INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA. ISA-S5.1 – Instrumentation Symbols and Identification. United States of America, 1992.

RAIN BIRD. Válvulas Agrícolas – Manual de Información General Y Ensamblado. 2003.

SIEMENS. 3º Prêmio Werner von Siemens de Inovação Tecnológica. 2008. Disponível em: < <http://www.premioinovacaotecnologica.com.br/>> Acesso em: 30 abr. 2009.

WARMAN INTERNATIONAL LTD. Warman Pumps – Assembly and Maintenance Instructions – Supplement ‘M9’ – Gland Sealing. Junho, 1998.