

MONITORAÇÃO E CONTROLE DE UMA UNIDADE PILOTO DE EXTRAÇÃO POR SOLVENTES

Alessandra Lopes Carvalho¹, Jeaneth dos Santos Benedetto² e Eder Anderson de Oliveira²

¹Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - Ale@pucminas.br

²Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN-CNEN

Caixa Postal 941 - 30123-970 - Belo Horizonte – MG - Brasil - Fax: 55-31-3499-3399

Email: jbs@urano.cdtm.br / easo@urano.cdtm.br

RESUMO

Este trabalho descreve o sistema de instrumentação implementado em uma Unidade Piloto de Extração por Solventes em operação no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN, para a coleta de dados e controle do processo.

A unidade de extração por solventes é constituída de dois conjuntos de equipamentos, utilizados nas operações contínuas, sendo o primeiro formado de um sistema de misturadores-decantadores em cascata e a segundo por um extrator diferencial do tipo coluna pulsada, ambos dotados de um sistema eficiente de bombeamento de fluxos de alimentação, agitação e controle manual de nível.

Para as tarefas de monitoração e controle, é utilizado um micro computador com um Software Supervisório atuando como estação de operação e sendo a interface com o processo realizada através de módulos de conversão analógico-digital.

Devido a importância da medida do *hold-up* para a avaliação do processo de extração em coluna pulsada e, considerando a dificuldade de medição deste parâmetro *on line*, desenvolveu-se uma equação empírica para relacionar esta variável à pressão medida. O pH foi monitorado e controlado, considerando que é uma variável de extrema importância no processo estudado. As demais variáveis operacionais, tais como vazões de alimentação e temperatura são monitoradas através das telas gráficas do supervisório.

ABSTRACT

This work describes the instrumentation system implemented in a Pilot Unit of Solvent Extraction Process, in operation at the Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN, for the collection of data and process control.

The solvent extraction unit is constituted of two sets of equipments, used in continuous operations. The first one is made up of a mixer - settler system in cascade and the second of a differential extractor - pulsed column, both endowed with an efficient pump system for the feeding flows, agitation system and a manual level control.

For the monitoring and control, a personal computer is used with a Software Supervisory acting as operation station and being the interface with the process accomplished through modules of analogical-digital conversion.

Due to the importance of the Hold-Up measure for the evaluation of the extraction process in a pulsed column and, considering the on line measurement difficulty of this parameter, an empiric equation was developed to relate this variable with the measured pressure. The pH was monitored and controlled, considering this as a variable of extreme importance in the process studied. The others operational variables, such as feeding flows rates and temperature, are monitored through the graphic screens of the Supervisory software.

INTRODUÇÃO

Para se medir a eficiência de um processo de extração por solventes, convencionalmente são realizados procedimentos de análise físico-química. Considerando que estes são manuais, demorados e podem gerar erros, percebe-se a grande importância da instrumentação do processo e no sentido de possibilitar a coleta de dados *on line*.

A grande vantagem da instrumentação e da coleta automática de dados do processo consiste na possibilidade de monitoração e visualização de uma maneira abrangente das variáveis envolvidas, além de possibilitar o estudo da dinâmica das mesmas através da geração e do armazenamento de arquivos históricos dos

valores coletados.

A monitoração e controle das variáveis operacionais de uma planta de extração por solventes é fundamental para a garantia da estabilidade do processo a ser estudado. Muitas vezes o processo exige uma faixa de variação de um determinado parâmetro extremamente estreita e o controle automático é imprescindível para uma operação bem sucedida.

Existe uma grande complexidade envolvida na determinação da melhor configuração a ser adotada em cada processo específico. A escolha do tipo de equipamento a ser utilizado, o número de etapas necessárias e o número de estágios de cada etapa depende da análise de um extenso número de variáveis sendo grande parte delas empíricas e dependentes de um conhecimento *a priori* [Benedetto, 1999]. Obviamente existe uma grande necessidade de validação dos procedimentos adotados sendo que, para se medir a eficiência deste tipo de processo, convencionalmente são realizados procedimentos de análise físico-química. Considerando que estes procedimentos são manuais e demorados, a proposta deste trabalho é possibilitar a monitoração das variáveis e a coleta de dados *online*.

Para se avaliar a necessidade de controle automático de uma determinada variável, considerando-se uma relação custo benefício adequada às características de cada projeto, pressupõe a análise de diversos fatores. Entre eles podem ser citados a importância da variável no processo, a dinâmica da variável, a dificuldade de ajuste manual, as dificuldades de medição e ainda o interesse dos pesquisadores envolvidos.

Com relação ao conjunto misturadores-decantadores utilizados neste estudo, as variáveis normalmente monitoradas ou controladas durante a operação contínua foram: a vazão de entrada das fases aquosa e orgânica e o pH. Nos ensaios realizados em coluna pulsada, além destas, monitorou-se a variação da pressão e a frequência de pulsação.

As duas plantas permitem a troca de instrumentos de acordo com a necessidade do processo estudado. A possibilidade de permuta dos equipamentos é de grande importância, uma vez que, um projeto de pesquisa exige flexibilidade e constantes inovações.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Descrição da unidade piloto de extração por solventes

No processo atualmente em estudo, é realizada a de extração de ferro e índio em 3 estágios. A alimentação das duas fases aquosa (Al) e orgânica (Oi), é realizada em contracorrente. O efluente do primeiro misturador-decantador refinado (Ref 1), constitui a alimentação da fase aquosa do segundo e assim sucessivamente. Os efluentes orgânicos da etapa de extração (Oc) são recolhidos em um tanque e em seguida alimentam a etapa de reextração. A reextração de cada metal é feita seletivamente em dois sistemas de cascata de misturadores-decantadores em série, com seis estágios cada. Posteriormente o efluente orgânico passa por 2 estágios de lavagem e dois 2 estágios de regeneração antes de reciclar ao sistema. A alimentação dos ácidos de reextração (Rx1 e Rx2), das soluções de regeneração (Rg Al) e lavagem (Lv) é realizada em contracorrente em relação à alimentação orgânica proveniente da etapa de extração. Uma representação esquemática da Unidade Piloto está apresentada na Figura 1

A segunda planta consiste em uma Coluna Pulsada, para extração simultânea de índio e ferro (Figura 2). A pulsação é feita através de uma bomba de diafragma que permite o ajuste da amplitude do pulso. A frequência de pulsação é ajustada através de um inversor de frequência. A dispersão e a contactação das duas fases é promovida pela trajetória dos fluxos através dos pratos perfurados no interior da coluna, impulsionados pela bomba. Também neste sistema a alimentação das fases orgânica e aquosa é realizada em contracorrente. [Godfrey e Slanter, 1994].

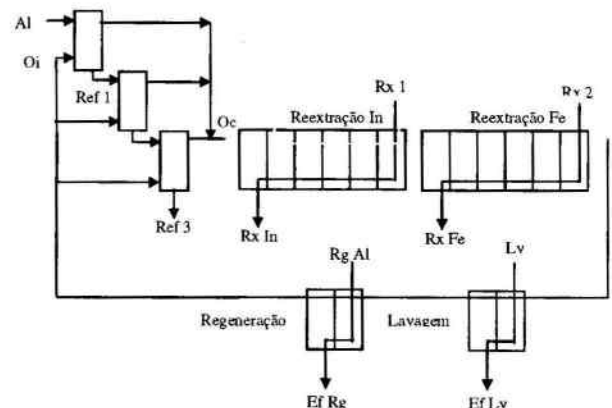


Figura 1- Sistema de Misturadores – decantadores

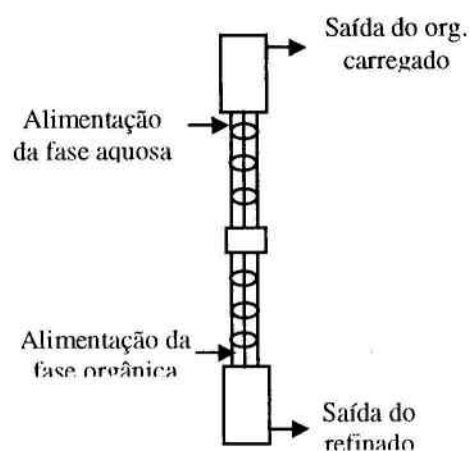


Figura 2 – Coluna pulsada

O pH é uma variável de suma importância uma vez que sofre alterações de acordo com o elemento a ser extraído e o tipo de extratante utilizado. Sabe-se que cada metal apresenta maior eficiência de separação em uma faixa de pH específico. Outro fator importante relacionado às variações do pH é a possibilidade de formação de emulsão entre as duas fases, o que prejudica o processo como um todo.

No sistema de misturadores-decantadores, o pH pode ser facilmente medido em cada estágio e no caso do processo estudado este parâmetro deve ser controlado após cada estágio de extração. Instalou-se uma sonda para medida do pH nos fluxos efluentes dos dois primeiros estágios de extração (refinado 1 e 2). O sinal proveniente desta sonda, é processado por um medidor e controlador de pH que envia um sinal de comando para um relé e este aciona uma bomba responsável pela injeção de um reagente ácido, para ajuste da acidez do meio.

Com relação à coluna pulsada, existem dificuldades quanto à medição e controle de pH no corpo da coluna, tornando-se um fator limitante quanto à utilização deste equipamento em processos onde ocorre grande variação de pH.

O sistema de pulsação que provoca o movimento dos fluxos das duas fases na coluna pulsada consiste de uma bomba dosadora do tipo diafragma acionada por um inversor de frequência. Tanto o nível da frequência como a amplitude do pulso são ajustadas manualmente. O movimento dos fluxos das fases aquosa e orgânica através dos pratos perfurados da coluna provoca a dispersão de uma fase na outra. A proporção de

dispersão entre as duas fases, considerando-se que ambas são imiscíveis, é denominada *hold-up*. Esta variável é calculada através da pressão diferencial medida entre pontos específicos da coluna. A medida direta do *hold up*, através de amostragem direta provoca perturbação no processo e portanto, deve ser evitada.

Instalação e testes dos equipamentos de monitoração e controle

Devido a necessidade de visualização e coleta de dados *on line* do processo optou-se pela utilização de um software supervisorio para monitoração do mesmo. A interface é realizada através de módulos conversores A/D que recebem os sinais analógicos do processo e os convertem em formato digital adequado à interligação com o software de aquisição de dados. Estes módulos oferecem a flexibilidade necessária a um projeto de pesquisa sendo o padrão de comunicação, a taxa de transmissão de dados, natureza e a faixa de variação dos sinais coletados completamente configuráveis.

A instalação e teste do hardware e software utilizados foi realizado em 4 etapas. A princípio testou-se a comunicação entre o microcomputador e os módulos de conversão A/D a nível de hardware. Posteriormente, estudou-se a melhor forma de transmissão do sinal e foi testada a comunicação entre os medidores e o software de configuração dos módulos. Concluída esta etapa, e tendo garantido a confiabilidade dos sinais transmitidos, estabeleceu-se a comunicação do processo com o software supervisorio. Finalmente foram realizados testes específicos em cada medidor.

Após esta etapa de testes iniciou-se a etapa de configuração do Software Supervisorio. Os softwares dessa categoria utilizam dispositivos comuns de entrada/saída do microcomputador (portas seriais e paralelas) para realizar a aquisição de dados através de um software específico chamado driver de comunicação. O projeto de uma aplicação implica na construção das telas, seleção e configuração do driver de comunicação e configuração da saída gráfica para posterior geração de relatórios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 3 é mostrado a tela de monitoração do supervisorio relativa aos parâmetros de controle da coluna pulsada, quais sejam: pressão, frequência em Hertz e em ciclos por minuto e *hold up*

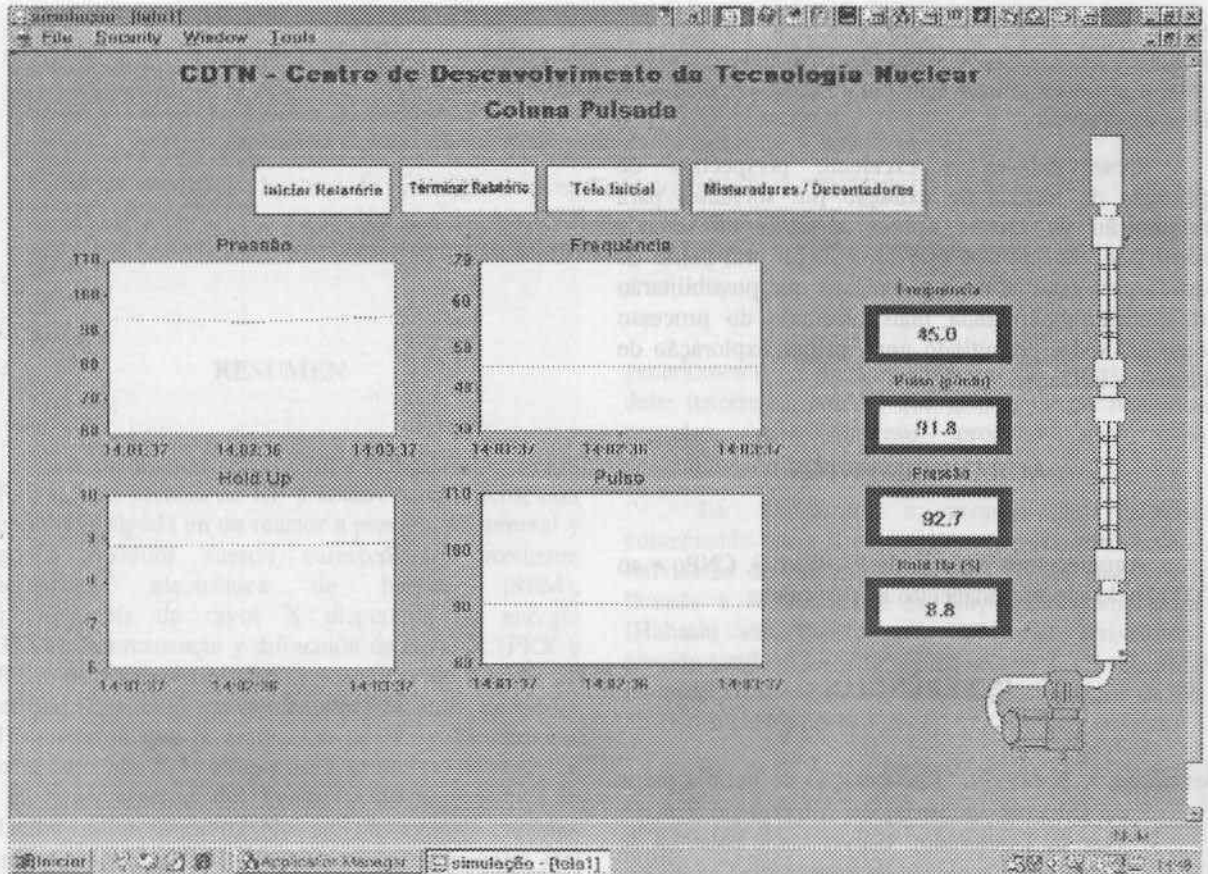


Figura 3 – Tela de monitoração dos parâmetros operacionais

A monitoração das vazões de alimentação e temperatura nos estágios também pôde ser feita através de gráficos de controle semelhantes, utilizados de acordo com as necessidades do processo, garantindo uma estabilidade maior à operação. O pH foi monitorado e controlado em uma faixa de variação extremamente estreita, o que levou a rendimentos de processo mais elevados.

A variação da pressão (Δp) na coluna é utilizada para estimar o valor do *hold-up*. Foram realizados estudos no sentido de ajustar a equação de natureza empírica publicada por Jenkins e Myers, 1984, às condições do processo experimental pesquisado e feitas comparações com a equação simplificada desenvolvida no CDTN- Equação 1. Os valores calculados foram comparados com os valores medidos através de amostragens periódicas tomadas no ponto médio do corpo da coluna. O desvio entre os valores calculados e medidos (média de quatro amostragens) foi inferior a 5%.

$$\epsilon = \frac{(\Delta p / 94,08 - \rho_c) \cdot 100}{(\rho_d - \rho_c)}$$

Equação 1- Cálculo do *hold-up*

Onde:

ϵ = hold-up

Δp = variação da pressão

ρ_c = densidade da fase contínua

ρ_d = densidade da fase dispersa

CONCLUSÕES

Após a configuração do Software Supervisório e da interface de comunicação foram coletados dados da planta, armazenados e posteriormente realizado o cálculo *hold-up* de maneira empírica. Ressalta-se neste ponto a impossibilidade de medição *on line* desta variável e sua grande importância na avaliação da eficiência do processo.

O armazenamento de arquivos históricos dos valores coletados oferece ainda um vasto campo de

estudo para modelagem do processo utilizando-se técnicas baseadas nas relações entrada-saída [Carvalho, 1998] e posterior comparação com modelos baseados na física do processo.

Observando-se a excelente perspectiva de aplicação da técnica de extração por solventes para recuperação de metais nobres a partir de rejeitos industriais, considera-se que foi atingido um ponto de partida para estudos mais complexos que possibilitarão um conhecimento ainda mais profundo do processo como um todo, permitindo uma melhor exploração de sua potencialidade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio da FAPEMIG, CNPq e ao CDTN pelo suporte financeiro a este projeto.

REFERÊNCIAS

- Benedetto, J. S. (1999); "Recuperação de Índio a partir de Efluente Industrial do Minério de Zinco"; Tese de Doutorado; Universidade Estadual de Campinas; Faculdade de Engenharia Química.
- Carvalho, A.L. (1998); "Modelagem de um Reator Anaeróbio de Manta de Lodo Utilizando Redes Neurais Artificiais"; Dissertação de Mestrado; Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gérias.
- Godfrey, J.C. & Slanter M.J., "Liquid-Liquid Extraction Equipment"; John Wiley & Sons. (1994);
- Jenkins, J.A. & Myers, P.E. "Estimate of the dispersed phase hold-up in a pulsed perforated-plate column from pressure drop measurements"; EFCE Publication Ser N° 43, Extraction 84, 1984, pp. 217-230.