

Concentração de misturas sintéticas em espiral de Humphreys (Parte II)

Eugênio Rybalowsky *
K. Rajagopal **
Oscar D. Cuellar **

1. INTRODUÇÃO
2. CONCENTRAÇÃO EM ESPIRAL DE HUMPHREYS
3. TESTES DE CONCENTRAÇÃO UTILIZANDO MINÉRIOS SINTÉTICOS
4. DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE RESIDÊNCIA NA CALHA CONCENTRADA DA ESPIRAL DE HUMPHREYS
5. RESULTADOS
6. CONCLUSÕES
7. BIBLIOGRAFIA

* Aluno da COPPE/UFRJ

** Professor da COPPE/UFRJ



Resumo

Este trabalho visa estudar os mecanismos de operação da espiral de Humphreys utilizada na concentração de minérios. Neste estudo, os tempos de residência de partículas e da

1. Introdução

A espiral concentradora de Humphreys é um eficiente separador gravimétrico de minerais pesados. As suas aplicações são diversas conforme o material que ela trata. É utilizada como concentrador primário ou como equipamento auxiliar de outros processos metalúrgicos, sempre mostrando uma grande adaptabilidade no processamento de diferentes minérios. São as seguintes as suas mais frequentes aplicações: produzir concentrados e rejeitos finais, quando somente um só produto comercial é desejado; produzir um concentrado primário quando a alimentação contenha dois ou mais minerais; tratar rejeitos de outros processos para a recuperação de minerais pesados; e obter concentrados finais cujos rejeitos alimentem outros processos.

A espiral tem um custo energético restrito ao bombeamento da polpa que a alimenta. Não possui partes móveis, o desgaste superficial é atenuado com o revestimento interno com material anti-abrasivo de baixo custo. Ocupa pequena área na sua instalação e é operada com pequenas equipes. Aceita na sua alimentação minérios com ampla faixa de distribuição granulométrica e possibilita o reaproveitamento de água usada no seu funcionamento.

Embora conhecida a quatro décadas, já possuindo algumas variantes, o estudo mais amplo da sua operabilidade é importante para o aprimoramento do seu uso.

O objetivo principal deste trabalho é o estudo do tempo de residência da polpa na espiral concentradora. Os dados obtidos de distribuição de tempos de residência fornecem informações para o desenvolvimento de um futuro modelo do processo de concentração; para o estabelecimento

fase líquida de polpa, num concentrador de espiral, são medidos experimentalmente usando traçadores radioativos e soluções salinas. Nestes testes são utilizadas misturas sintéticas de esferas de aço e vidro, visando minimizar os efeitos de forma e de heterogeneidade de partículas.

do regime de escoamento da polpa no equipamento, para a determinação da dispersão no escoamento ao longo da calha helicoidal e da diferença entre o fluxo de sólidos e do líquido.

2. Concentração em espiral de Humphreys

O estudo da concentração na espiral de Humphreys tem poucos trabalhos publicados na literatura. A maioria das informações provem de relatórios operacionais de instalações em operação que utilizam este equipamento e do material fornecido pelo fabricante. Gleeson⁽¹⁾ em 1945 descreveu o funcionamento da espiral de Humphreys, Thompson⁽²⁾ verificou a importância da densidade de polpa, observando as partículas grosseiras de minério que se perdiam na corrente do rejeito eram recuperadas com o aumento da densidade de polpa. Snedden⁽³⁾, Dellaire⁽⁴⁾ e Laplante⁽⁵⁾ observaram a influência das variações da vazão de polpa no teor e recuperação de minérios. Hutton e Dale⁽⁶⁾ descreveram que o aumento da esfericidade das partículas que compunham a polpa de alimentação da espiral melhorou o desempenho deste concentrador. Holland-Batt⁽⁷⁾ estudando diversos tipos de espirais concentradoras afirmou que mudanças de construção acarretaram numa diminuição da flexibilidade do equipamento. Este pesquisador aconselha um estudo prévio na fixação dos parâmetros de alimentação assegurando com isso um melhor desempenho do concentrador. Laplante⁽⁵⁾ também sugeriu após estudar os efeitos de variação da alimentação que uma análise do tempo de residência na espiral de Humphreys seria útil para seu controle, operação e no planejamento de circuitos contínuos.

3. Testes de concentração utilizando minérios sintéticos

Foram feitas duas séries de testes que visaram o estudo da influência da vazão de polpa e da concentração percentual de sólidos nos processos de beneficiamento de uma polpa de minério sintético⁽⁸⁾. Este material sintético foi constituído de micro-esferas de vidro e granalha fina de aço, materiais com diferenças acentuadas de peso específico e com esfericidades constatadas próximas do ideal. A razão da escolha desta matéria prima para a composição da polpa de teste foi motivada pela possibilidade de se obter um material que não tivesse uma distribuição contínua de densidade ajudando com isso o estudo dos resultados finais.

Os resultados experimentais são apresentados nas figuras 1 e 2, definem a recuperação e o teor do concentrado versus a variação da vazão de alimentação do equipamento.

Foi observado que o teor aumenta e a recuperação diminui com os aumentos da vazão e da concentração percentual de sólidos na polpa. Mais detalhes são encontrados na referência⁽⁸⁾.

4. Determinação do tempo de residência na calha concentradora da espiral de Humphreys

Observa-se a importância do comportamento da polpa na sua concentração ao longo da calha. Sabe-se que a concentração na espiral de Humphreys se processa a medida que a polpa desce o canal de seção semicircular modificada da espiral, cada partícula na polpa então é submetida a uma força centrífuga criando um movimento na direção da borda externa do canal e uma força gravitacional a qual estratifica os minerais no interior da polpa. Como em cada fluxo de corrente, velocidades diferentes estão presentes, a mais lenta se localiza próximo ao fundo da calha enquanto as velocidades mais altas estão localizadas na superfície da polpa.

Nas curvas do canal as camadas de polpa de diferentes velocidades são forçadas fisicamente a uma reorientação delas mesmas numa rotação transversal a qual separa os minerais estratificados e leva aqueles de maior peso específico na direção interna do canal. Estas forças resultam em um movimento diferente de sólidos e líquidos.

Torna-se necessário medir independentemente o tempo de residência de partículas de sólido e líquido na polpa. Para este fim foram utilizados traçadores radioativos para sólidos e soluções salinas para líquidos nestes testes.

4.1. Tempo de residência da fração líquida (método experimental)

Para a determinação do tempo de residência da fração líquida da polpa utilizou-se o método

Figura 1 - Variação da recuperação e do teor, com a percentagem de sólidos para cada composição

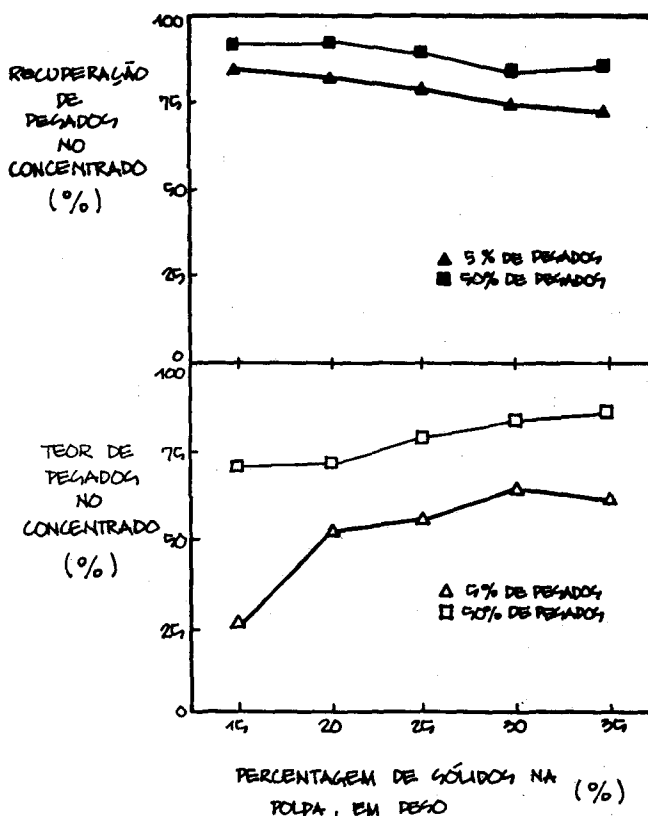
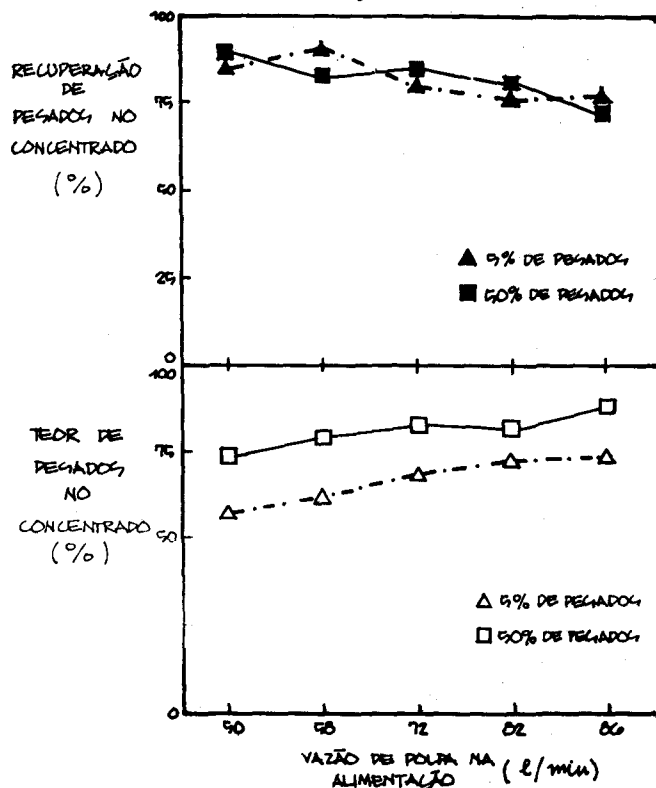


Figura 2 - Variação da recuperação e do teor, com a vazão de alimentação para cada composição

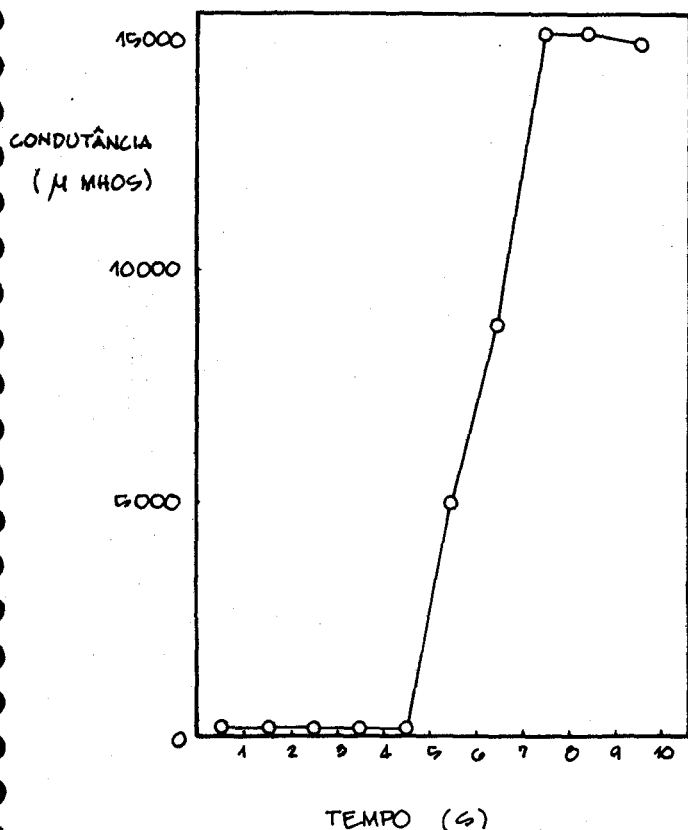


de adição de solução salina saturada na alimentação do equipamento, recolhendo-se amostras em sequência distributiva. Estas amostras foram analisadas no medidor de condutância YSI 31 da YELLOW SPRINGS

INSTRUMENTS, obtendo-se valores de condutância em intervalos de tempo. A concentração da solução salina adicionada foi de 300 g de NaCl de uso doméstico em 1000 ml de água destilada. A adição da solução foi feita na saída da caixa de alimentação do equipamento.

Os testes foram feitos com as amostras coletadas em intervalos iguais e sucessivos de tempo. A partir do momento da adição instantânea do volume de solução salina saturada foram feitas dez amostragens em recipientes limpos, com auxílio de uma mangueira conectada na caixa de descarga da espiral concentradora. Os resultados são mostrados na figura 3. O tempo de residência determinado pela média de três experiências foi de 5,5 s, com vazão de polpa de 78 l/min.

Figura 3 - Resultados de medidas de condutância das alíquotas de amostras tomadas na determinação de tempo de residência com traçador salino



4.2. Tempo de residência da fração sólida (método experimental)

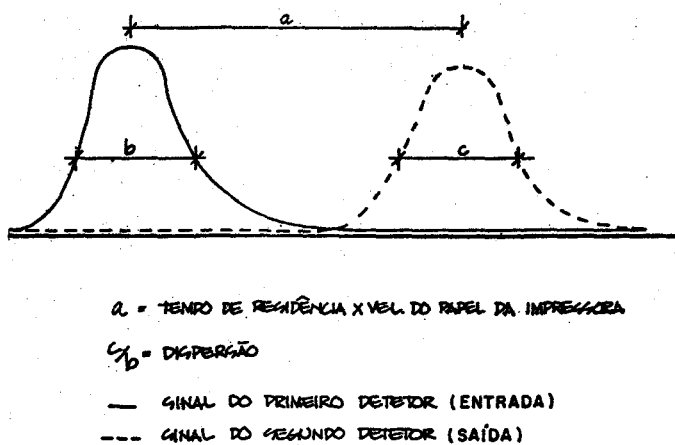
Utilizou-se a técnica de radiotraçadores. Foram irradiadas amostras de 5 g de micro-esferas de vidro, no reator Argonauta do Instituto de Engenharia Nuclear, sob um fluxo neutrônico de 10^9 neutrons/cm²s. durante 120 minutos.

Na espiral de Humphreys foram instalados duas sondas detetoras (NaI(Tl)) sensíveis a raios gama, uma início da descida da calha de concentração e outra no final da espiral, próxima da caixa de descarga. Estes detetores foram ligados ao cintilômetro SPP-3 SAPHYMO-STRAT e este equipamento de medição da taxa de contagens foi acoplado a impressora gráfica 7100 BM da HEWLETT-PACKARD.

Duas seqüências de testes foram realizadas. Na primeira se processaram polpas compostas somente de micro-esferas de vidro com 15 e 35% de sólidos em peso respectivamente. Na série seguinte de experiências simulou-se um minério sintético que continha 50% de micro-esferas de vidro e 50% de granalha fina de aço, com as mesmas concentrações da série de experiências anteriores.

Os testes foram feitos com o acondicionamento das amostras ativadas de micro esferas de vidro de forma instantânea, na saída da caixa de alimentação após o equipamento entrar em regime de concentração. Automaticamente o registrador gráfico começava a traçar as curvas que assinalavam a passagem da polpa que continha a fração de partículas ativadas. A figura 4 exemplifica estas curvas esquematicamente.

Figura 4 - Gráfico demonstrativo da análise de curvas obtidas com auxílio de radiotraçadores para a determinação do tempo de residência da fração sólida da polpa.



Os gráficos registrados foram analisados medindo-se a distância entre os picos e a largura média dos picos. O tempo de residência é calculada a partir da distância entre os picos.

A dispersão é calculada como a razão entre a largura média do pico de saída sobre a largura média do pico de entrada. A tabela I a seguir mostra os resultados da média de três repetições para cada experiência realizada, com vazão de polpa de 78 l/min.

Tabela I - Resultados experimentais do tempo de residência e da dispersão

CONCENTRAÇÃO DA POLPA (% SÓLIDOS)	FRAÇÃO SÓLIDA DA POLPA CONSTITUÍDA COM 100% DE MICRO ESFERAS DE VIDRO		FRAÇÃO SÓLIDA DA POLPA CONSTITUÍDA COM 50% DE MICRO-ESFERAS DE VIDRO E 50% DE GRANALHA FINA DE AÇO	
	15	35	15	35
TEMPO DE RESIDÊNCIA (s)	9,6	8,4	10,8	9,0
DISPERSÃO	1,1	1,1	1,1	1,0

5. Resultados

Os métodos experimentais foram desenvolvidos para a obtenção de tempos de residência de sólidos e líquidos independentemente na espiral de Humphreys. Foram feitos testes com uma mistura sintética de esferas de vidro e aço. Os tempos de residência para os sólidos (ver Tabela I) foram sempre maiores que o tempo de residência da água (5,5 s). Com o aumento da percentagem de sólidos em peso na polpa, o tempo de residência dos sólidos diminui. Supõe-se que este efeito é causado pelo aumento da velocidade de sólidos no fundo da calha, um efeito de rolamento. Com o aumento do peso específico dos sólidos aumenta o tempo de residência. A dispersão axial é relativamente pequena e permanece constante mostrando que as partículas se movem junto com as linhas de corrente do líquido e o escoamento não é turbulento.

6. Conclusões

O tempo de residência da água na espiral de Humphreys (Modelo de Teste 24A com 5 voltas) foi achado como 5.5 s e para partículas sólidas entre 8,4 a 10,8 segundos, dependendo da percentagem de sólidos em peso na polpa e da composição de sólidos com vazão de polpa de 78 l/min. Foi constatado que o tempo de residência da fase sólida é maior do que o da fase líquida, para escoamento na espiral. Com o aumento da percentagem de sólidos em peso na polpa diminui o tempo de residência para a fase sólida.

7. Bibliografia

- (1) GLEESON, G.W. Why the Humphreys spiral works. Eng. Min. J., 146:85-6, Mar 1945.
- (2) THOMSON, J.V. The Humphreys spiral concentrator, its place in ore dressing. Min.Eng., January 1958, p. 84-87.
- (3) SNEDDEN, A.D. Tuning a Humphreys spiral concentrator for efficient operation. s.l., Humphreys Investment Co, 1956. (Bull. 22)
- (4) DELLAIRE, R., et alii. Humphreys spiral tolerance to feed variations. CIM Bull., 71(796):128-134, aug 1978.
- (5) LAPLANTE, A.R. Montreal, École Polytechnique de Montreal, 1976. (Tese de mestrado).
- (6) HUNTON, B.W. & DALE, N.W. Siderite removal by spiral concentrator and magnetic separators from Arkansas Bauxite. Light Metals, 2:843-60, 1973.

(7) HOLLAND-BATT, A.B., et alii. The application and design of wet - gravity circuits in South African Mineral Industry. Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy, 82 (3):53-70, Mar 1982.

(8) RYBALOWSKY, E.M., et alii. Concentração de misturas sintéticas em espiral de Humphreys. In: ENCONTRO SOBRE ESCOAMENTO EM MEIOS POROSOS, 11. Anais ... Out. 1983. s.n.t. v.2, p. 201-10.

Agradecimentos

Os autores agradecem às pessoas que colaboraram neste trabalho, especialmente aos engenheiros Álvaro Figueira do CETEM, ao engenheiro José Orlando Dantas do DNPM, às engenheiras nucleares Rosanne C. A. Amado Furieri, a Maria Ines Silvani Souza, ao físico José Luis de Carvalho, ao engenheiro Luiz Artur Bezerra França, do IEN, aos professores Roberto de Souza e João Roldão da UFRJ. Ao Prof. Villas-Boas pela sua atenção e incentivo. À CEPG/UFRJ pelos recursos financeiros fornecidos.