

## DESENVOLVIMENTO DE UM REÔMETRO ACADÊMICO

Stênio Augusto de Souza Coelho, Aloysio Portugal Maia Saliba e Marco Túlio Corrêa Faria

Graduando UFMG, Professor Adjunto UFMG, Professor Titular UFMG.  
E-mail: tungs@ufmg.br, asaliba@ehr.ufmg.br, mtfaria.ufmg@gmail.com

### Introdução

A mineração tem um importante papel na economia brasileira, sendo responsável pela obtenção e extração de matéria prima para várias indústrias, que tem o importante papel intermediário ou final de agregar valor aquele mineral promovendo o desenvolvimento econômico do país e fortalecendo as suas relações comerciais.

Em consonância com as necessidades de desenvolvimento tecnológico e com as demandas da humanidade, este setor se desenvolveu no Brasil ao longo dos últimos séculos assumindo o décimo lugar (IBRAM, 2014).

De acordo com, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) em 2011, existiam 8870 mineradoras registradas no Brasil compreendendo esta totalidade no regime de licenciamento (IBRAM, 2011) e também no regime de concessão de lavra.

Várias dessas mineradoras dentro do seu processo produtivo de beneficiamento geram rejeitos com características mineralógicas e granulométricas diferentes, mas que em geral são dispostos em reservatórios de barragens de rejeitos.

Segundo Ribeiro (2015), a maneira com a qual os rejeitos vêm sendo dispostos tem evoluído continuamente, dado a maior normatização aplicada por órgãos ambientais, quantidade de rejeito a ser acondicionada, escassez de locais para deposição e também a dificuldade de autorização de captação de água para a utilização em processos de beneficiamento.

Contudo, outro fator determinante para o desenvolvimento das técnicas de disposição de rejeitos é o número de acidentes com rupturas já presentes no histórico mundial e nacional, que segundo Azam & Li (2010), estimaram uma taxa de acidentes em barragens igual a 1,2% para um total de 18.401 minas nos últimos cem anos.

A partir desse cenário, estudar as propriedades reológicas dos rejeitos para entender o seu comportamento no transporte, na acomodação na barragem e em possíveis rompimentos é de extrema importância (Saliba, 2009).

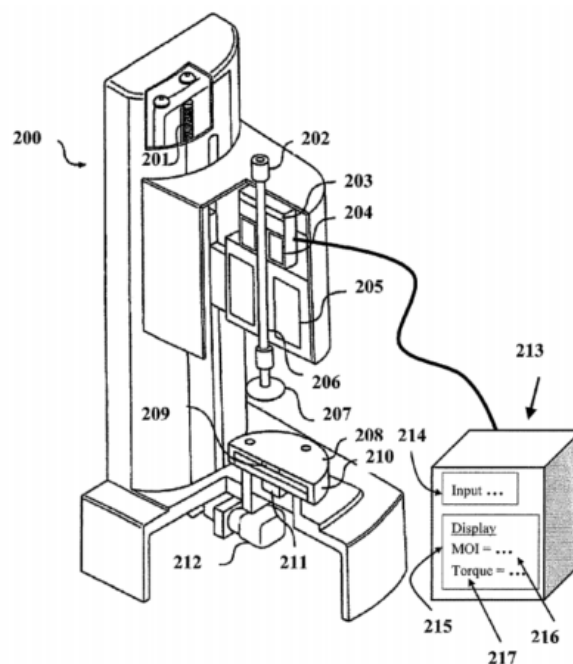
Na caracterização desses rejeitos pode ser utilizada a reometria ou a viscosimetria, ambas as técnicas direcionadas a determinar as propriedades reológicas de materiais. A reologia é a ciência que estuda como a matéria se deforma quando submetida a esforços originados por forças externas (VLIET & LYKLEMA, 2005).

Há vários modelos reológicos para explicar o comportamento da deformação de fluidos ao longo do escoamento. O mais comum é o modelo de fluido

newtoniano, como é o caso da água, em que a relação entre deformação do fluido e a tensão cisalhante é linear e a constante de proporcionalidade é a viscosidade cinemática. Quando se adicionam partículas sólidas à água, a partir de certa concentração o fluido pode assumir um comportamento reológico não newtoniano, em que a relação entre a tensão e a deformação não é linear, tem um intercepto, etc. Modelos reológicos de fluido não newtoniano são muito comuns em simulações de escoamento de rejeitos tornando importante determinar essas propriedades para o desenvolvimento de trabalhos acadêmicos na área.

Um dos equipamentos utilizado na determinação das propriedades reológicas de um fluido é o reômetro, composto por um eixo vertical que gira um artefato dentro de um vasilhame contendo o fluido, medindo as tensões e as deformações. Existem aparelhos comerciais, mas cujos custos são bastante elevados, como também não permitem adaptações em laboratório.

Dessa maneira, um equipamento acadêmico, de baixo custo e com precisão adequada, dentro da faixa de medição necessária, poderá auxiliar nas pesquisas e trabalhos científicos em universidades públicas, e colaborar para a determinação das propriedades de fluidos não newtonianos de maneira simplificada e coesa. O exemplo de um reômetro segue na **Figura 1**.



**Figura 1.** - Reômetro com meio corte em relação ao plano da base. (Nigel Doe, Horsham, 2009)

## Objetivo

O objetivo da pesquisa é determinar e desenvolver um reômetro acadêmico para auxiliar nas pesquisas do laboratório do CPH UFMG e de posse de uma visão colaborativa dentro das condições e regulamentos que a Universidade Federal de Minas Gerais permite agregar valor às pesquisas com o desenvolvimento dessa tecnologia.

## Metodologia

A metodologia proposta pode ser resumida como:

- Concepção da geometria do reômetro;
- Simulação matemáticas de tipos de construções de reômetros rotacionais (cilindros concêntricos e cilindros com pás);
- Utilização de simulação matemática no software ANSYS-FLUENT para avaliar o comportamento do equipamento, em diferentes condições de operação;
- Análise dos resultados computacionais;
- Projeto e construção do Instrumento de medição: Reômetro;
- Validação do reômetro com fluido Newtoniano conhecido.

## Resultados Preliminares

Até este momento, foram desenvolvidas as seguintes etapas:

- Revisão Bibliográfica;
- Modelagem física do equipamento, incluindo a concepção da geometria do reômetro.
- 

A Figura 2 apresenta o modelo de reômetro de cilindros concêntricos que se pretende utilizar nas simulações numéricas.

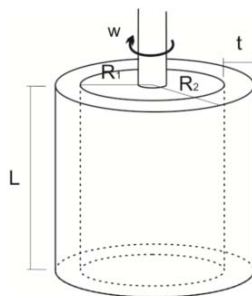


Figura 2. - Modelo desenvolvido em canal prismático. (SOBRAL, 2012)

## Considerações Finais

A literatura apresenta vários modelos de reômetros atualmente aplicados para determinação de características reológicas, sendo escolhido o modelo de cilindros concêntricos.

Devido a esta pesquisa estar em fase inicial, e o desenvolvimento das atividades ainda serem preparatórias foi possível obter algumas poucas conclusões a respeito da construção dos modelos. Novos resultados serão agregados ao texto final a ser enviado ao congresso.

## Referências bibliográficas

**Abnt (2006).** Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água. NBR 13028, Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo, SP. 6p.

**Azam, S. Li, Q.** Tailings dam failures: a review of the last one hundred years. Geotechnical News, v. 28, n. 4, p. 50-54.

**Ibram (2011).** Informações e análises da economia mineral brasileira, 6ª edição. Instituto Brasileiro de Mineração, disponível em <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00001669.pdf>.

**Ibram (2014).** International Society of Explosives Engineers. Perspectivas da Mineração no Mundo e no Brasil. 2ª edição ISEE Brazil, Porto Alegre, 24 de outubro de 2014. UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (2014).

**Nigel, D.H.** Rheometer torque calibration fixture. United States Patent Doe. Nº US 7,526,941 B2. (5 may, 2009).

**Ribeiro, V.Q.F.** Proposta de metodologia para avaliação do efeito de rupturas de estruturas de contenção de rejeitos. Dissertação (Mestre em Geotecnia e Transportes) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

**Saliba, A. P. M.** Uma nova abordagem para análise de ruptura por galgamento de barragens homogêneas de solo compactado. 2008. 179 f.. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

**Sobral, R.M.** Projeto de Viscosímetro de Cilindros Concêntricos para Medição em Linha. Monografia (Graduação em Engenharia Mecatrônica) Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade Federal de São Paulo, 2012.

**Viliet, T.V.; Lyklema H.** Rheology. In Lyklema, J. (Editor), Fundamentals of interface and colloid Science, v. 4, Elsevier, p. 6.1-6.88.