

Montagem de Equipamento de Coluna para Ensaios de Condutividade Hidráulica com Aplicação de Carga Vertical

Gabriel Crivellaro Gonçalves

Acadêmico do curso de Engenharia Ambiental na Universidade de Passo Fundo

gabrielcrivellaro.g@gmail.com

Valter Caetano Dos Santos

Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Brasil,

icosantos_@hotmail.com

Rafael de Souza Tímbola

Pesquisador do curso de Mestrado em Engenharia da Universidade de Passo Fundo

rafaeltimbola@hotmail.com

Eduardo Pavan Korf

Professor/pesquisador da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo

eduardokorf@upf.br

Resumo. *As águas residuárias provenientes da lixiviação de resíduos industriais e de mineração são uma importante fonte de impacto ambiental, o maior agravante é que essas têm o seu principal destino sobre o solo, o qual não representa o ponto final das substâncias tóxicas presentes. Em muitos casos, essa disposição é realizada de forma inadequada, sem a utilização de técnicas de engenharia que proporcionem a adequada contenção e tratamento dos poluentes. Neste contexto, o trabalho objetiva apresentar o projeto, desenvolvimento de um equipamento de coluna e implementação de um sistema de aquisição de dados, que possa verificar as variações físicas ocorrentes em amostras de solo ensaiadas. É apresentado o detalhamento da montagem do equipamento, funcionamento, peças, a sua configuração final em laboratório, bem como a calibração dos sensores utilizados que serão dedicados a aquisição de dados..*

Palavras-chave: Equipamento de Coluna. Instrumentação Permeabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Em locais de disposição de resíduos com constituintes metálicos ou em áreas contaminadas, para contenção da evolução de plumas contaminantes, são requeridos sistemas de impermeabilização que atuem como barreiras impermeáveis de contenção da carga de poluentes (*liners*), os quais limitam o escape físico e previnem a propagação em subsuperfície (ROWE et al., 1995; SHARMA e REDDY, 2004). Considerando os potenciais problemas causados na estrutura do solo, quando em contato com estes contaminantes ácidos agressivos, enriquecidos com estes compostos metálicos, se faz necessário o estudo do comportamento da condutividade hidráulica ao longo do tempo, para avaliar a eficácia em longo prazo da contenção destes líquidos por parte das barreiras compactadas. (BRODERICK E DANIEL. 1990), (FAVARETTI ET AL. 1994), (KNOP 2007) e (FRANCISCA e GLATSTEIN, 2010).

Não obstante à diversidade de estudos encontrados na literatura, percebe-se que existe a necessidade de estudos mais aprofundados, que possam explicar o real comportamento hidráulico desses materiais, frente à percolação de contaminantes ácidos

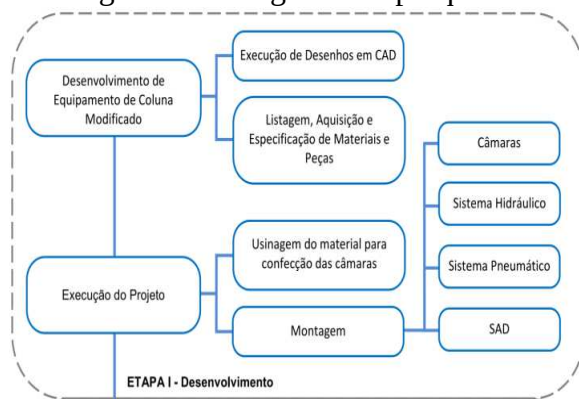
em longa duração e sob ação de carga estática vertical, oriunda da disposição de resíduos (KORF, 2011). Justificando assim o desenvolvimento de um equipamento capaz de avaliar ao longo do tempo o comportamento hidráulico de barreiras compactadas, quando submetidas à percolação de contaminantes ácidos.

Neste contexto, o objetivo do trabalho é apresentar o projeto, montagem e implementação de instrumentação e sistema de aquisição de dados de um equipamento de coluna modificado de parede rígida.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O programa experimental foi dividido em duas etapas. A etapa 1 refere-se ao desenvolvimento, que é a montagem do equipamento de coluna modificado, ou seja, a execução de desenhos técnicos, listagem, especificação e aquisição de materiais e peças. Nesta etapa, ainda foi contemplada a execução do projeto, caracterizada pela usinagem das peças em aço, adquiridas para a confecção das câmaras e do pórtico de suporte ou chassi do equipamento. Na Figura 1 pode-se observar o fluxograma da pesquisa.

Figura 1. Fluxograma da pesquisa.

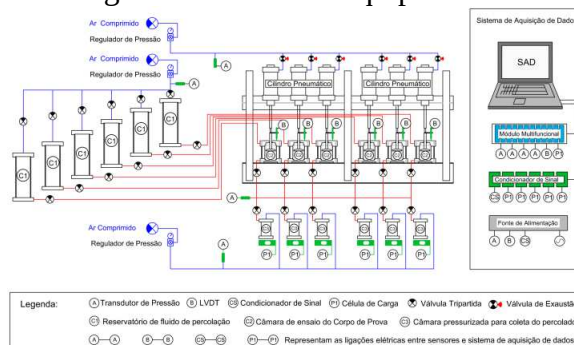


2.1 Aquisição das peças

Após a aquisição dos discos e tarugos em aço inox 304 em estado bruto, estes foram submetidos à processo de usinagem mecânica, procedimento necessário para

atender o detalhamento técnico do projeto. De posse das peças usinadas, iniciou a montagem da parte mecânica – encaixe e fixação das peças que compõem o pórtico, reservatório de solução contaminante, câmara de ensaio dos CPs e câmara de coleta de fluido percolado. Em seguida os sistemas hidráulico e pneumático - conexões, válvulas, reguladores de pressão de precisão manômetros e a tubulação. Por fim, o sistema digital de aquisição de dados – módulo multifuncional e instalação dos sensores (célula de carga, transdutor de pressão e LVDT) e por fim a programação do software de aquisição das variáveis e consequente geração de um banco de dados com os valores adquiridos. A Figura 2 abaixo apresenta o leiaute do equipamento desenvolvido.

Figura 2. Leiaute do equipamento.



2.2 Implementação do sistema de aquisição de dados

Para realizar o monitoramento das variações físicas ocorrentes durante os ensaios, foi implementado um sistema de aquisição de dados, com a utilização de sensores acoplados, tais como: transdutores de pressão, sensor de deslocamento vertical (LVDT), conjunto condicionador de sinal e célula de carga para verificação de volume percolado e uma fonte de alimentação para alimentação do sistema elétrico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Projeto e execução do

equipamento

O leiaute geral da montagem de uma linha de ensaio do equipamento de coluna modificado, composto pelas câmaras, reguladores de pressão, transdutores, conexões hidráulicas, conexões pneumáticas e disposição dos sensores, está apresentado na Figura 3. A Figura 4 apresenta o equipamento final montado. Já na Tabela 1 pode ser observada a legenda das peças e conexões.

Figura 3. Leiaute das conexões do equipamento

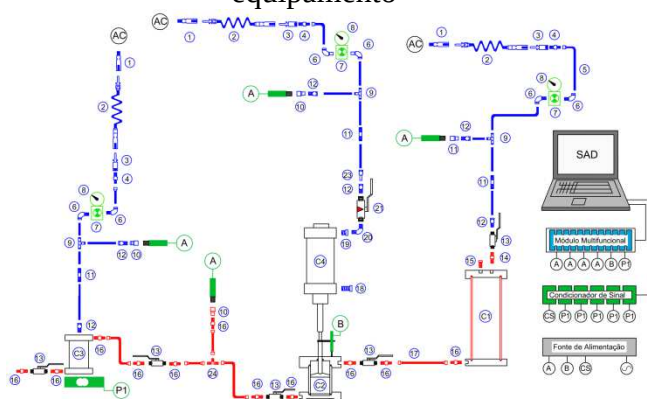


Tabela 2. Legenda das peças contidas no leiaute.

Id	Descrição da peça componente
1	Engate rápido com rosca macho 1/4"
2	Mangueira espiralada c/ engate rápido
3	Plug engate rápido com rosca fêmea 1/4"
4	Niple 1/4" x 7/16" NPT
5	Tubo Polietileno PU 6 mm
6	Cotovelo tipo pneufit 1/4" NPT
7	Regulador de precisão – (0,7 a 4 bar)
8	Manômetro com visor 50 mm
9	Tee tipo pneufit para tubo 6 mm
10	Luva 1/2" NPT x 1/4" NPT
11	União painel tipo pneufit para tubo 1/4"
12	Conexão reta 1/4" NPT tipo pneufit
13	Válvula esfera tripartida 1/4" NPT
14	Niple 1/4" NPT x 1/4" NPT – aço inox
15	Plug 1/4" NPT – Aço Inox 304
16	Niple 1/4" NPT x 7/16" NPT - aço inox
17	Tubo teflon 6 mm
18	Plug 1/2" BSP – aço inox 304
19	Niple macho 1/2" BSP

20	Cotovelo 1/2" BSP macho/ macho
21	Válvula esfera com exaustão 1/2" BSP
22	Conexão reta macho 10 mm x 1/2" BSP
23	Adaptador redutor 10 mm x 6 mm
24	Tee 7/16" NPT montado
A	Transdutor de pressão (0 – 10 bar)
B	LVDT modelo DG 2.5
C1	Câmara reservatório do fluido
C2	Câmara de ensaio da amostra
C3	Câmara de coleta do percolado
C4	Cilindro pneumático RA 8100
AC	Rede de Ar comprimido
CS	Condicionador de sinal
P1	Célula de carga MK PW-ZL 10

Figura 4. Equipamento Finalizado



3.2 Execução do SAD.

Para realizar o monitoramento das variações físicas ocorrentes durante os ensaios, foi implementado um sistema de leitura dos sensores eletrônicos realizado por um sistema de aquisição de dados, composto por um módulo USB modelo 2416-4A produzida pela Computer Measurement®. Esta placa multifuncional de aquisição de dados é composta por 16 canais diferenciais de entrada analógica com resolução de 24 bits e 4 saídas analógicas de 16-bits e é alimentada com uma tensão de 12 volts. Esse sistema possui erro máximo de 0,0008 %, considerando uma taxa de aquisição de 2,5 amostras por segundo.

Acoplada ao sistema de aquisição de dados estão os seguintes sensores: transdutores de pressão da carga hidráulica, transdutor de pressão na saída da câmara de

ensaio, transdutor de contrapressão, sensor de deslocamento vertical (LVDT), célula de carga para verificação de volume percolado e uma fonte de alimentação. A descrição dos sensores segue no Quadro 1.

Quadro 1. Periféricos ao SAD.

Unidade	Descrição da peça	Legenda
02	Transdutor de pressão ASCHCROFT, K1	K1
01	Transdutor de deslocamento vertical - LVDT	L1
06	Célula de carga MK modelo MKPW-ZL	C1
06	Amplificador de sinal Pulselectronic PA10	-
01	Fonte de alimentação – 12 V	-

CONCLUSÕES

O equipamento desenvolvido demonstrou ser uma ferramenta útil para determinação do comportamento mecânico e hidráulico.

O dimensionamento dos componentes mecânicos, permitiram estabelecer as condições extremas de funcionamento do equipamento, perante as pressões mais elevadas utilizadas no ensaio piloto.

A montagem do equipamento de coluna propiciou o investimento em pesquisas para realização de mais estudos envolvendo o transporte de contaminantes e a capacidade de atenuação dos mesmos por diferentes solos. A partir de tais estudos, será possível a retirada de parâmetros necessários à simulação numérica do movimento de plumas de contaminações pelo solo.

Agradecimentos

Os autores gostariam de expressar o seu agradecimento ao CNPq e FAPERGS pelo apoio financeiro concedido ao grupo de pesquisa (processos 480565/2009-0, 486340/2011-2 e 11/2041-4).

REFERÊNCIAS

BRODERICK, G. P.; DANIEL, D. (1990) **Stabilizing compacted clay against chemical attack**. *Journal of Geotechnical*

Engineering, New York, ASCE, 116, n. 10, p. 1549-1567.

FAVRETTI, M.; MORACI, N.; PREVIATELLO, P. (1994) **Effects of Leachate on the hydraulic and Mechanical Behavior of Clay Liners**. In 1st Congress on Environmental Geotechnics. *Proceedings...*Edmonton, Alberta, Canadá, 1994. p. 221-226.

FRANCISCA, F. M. E GLATSTEIN, D. A. (2010). **Long term hydraulic conductivity of compacted soils permeated with landfill leachate**. *Applied Clay Science*, v. 49, 2010. p. 187-193.

KNOP, A. (2007) **Estudo do comportamento de liners atacados por ácido sulfúrico**. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

KORF, E. P. (2011) **Comportamento hidráulico e reativo de uma mistura solo-cimento para aplicação em barreiras impermeáveis de contenção de resíduos ácidos contendo chumbo e cádmio**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Meio Ambiente – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SHARMA, H. D.; REDDY, K. R. (2004). **Geoenvironmental engineering: site remediation, waste containment, and emerging waste management technologies**. New Jersey: John Wiley & Sons, p. 992.

ROWE, R. K.; QUIGLEY, R. M.; BOOKER, J. R. (1995). **Clayey barrier systems for waste disposal facilities**. E&FN Spon: London –EUA, 1995. p. 390.