

Aplicação de Sistema de Monitoramento Geotécnico *Wireless* em um Depósito de Estéril de uma Mina de Rochas Ornamentais

Leandro Roque da Fonseca

Engenheiro Civil, MecRoc Engenharia, Belo Horizonte, Brasil, leandro.fonseca@mecroc.com.br

Arthur Resende Matos

Engenheiro de Minas, MecRoc Engenharia, Belo Horizonte, Brasil, arthur.matos@mecroc.com.br

Alexandre Assunção Gontijo

Engenheiro de Minas, MecRoc Engenharia, Belo Horizonte, Brasil, alexandre.gontijo@mecroc.com.br

Fabício Martins

Estagiário, MecRoc Engenharia, Belo Horizonte, Brasil, fabricio.martins@mecroc.com.br

Tiago Sepulcri Salaroli

Engenheiro de Minas – Diretor, Roccia Engenharia, Vitória, Brasil, engenharioroccia@gmail.com

RESUMO: O monitoramento geotécnico em um empreendimento mineiro é de extrema importância, pois permite um controle e acompanhamento dos locais onde estão sendo realizadas as operações. Contudo, muitos locais onde se faz necessário realizar o monitoramento geotécnico, são de difícil acesso, o que coloca em risco a integridade física dos equipamentos e a segurança da equipe que realizará a coleta dos dados. Visto isso, o monitoramento geotécnico sem fio (*Wireless*) vem como uma alternativa, a qual possibilita que os aparelhos que estejam realizando as medições se comuniquem com uma central de aquisição de dados sem que haja a necessidade de pessoas ingressando nos locais de risco para fazer a coleta dos dados. Tal sistema foi implementado em uma pilha de estéril de uma mina de rochas ornamentais localizada no município de Dorés de Guanhões-MG, com o intuito de monitorar os possíveis deslocamentos dos blocos na pilha. Os resultados da coleta feita de maneira segura e precisa dos dados de deslocamento em todo o período de medição, comprovaram a eficiência deste sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Instrumentação, Monitoramento Geotécnico, Deslocamento, *Wireless*, Bluetooth.

ABSTRACT: Geotechnical monitoring in a mining enterprise is extremely important, as it allows control and monitoring of the locations where operations are being carried out. However, many places where it is necessary to carry out geotechnical monitoring are difficult to access, which puts the physical integrity of the equipment and the safety of the team that will carry out the data collection at risk. Given this, wireless geotechnical monitoring (*Wireless*) comes as an alternative, which allows the devices that are carrying out the measurements to communicate with a data acquisition center without the need for people entering risk sites to do data collection. This system was implemented in a waste rock pile in an ornamental rock mine located in the municipality of Dorés de Guanhões-MG, in order to monitor the possible displacement of the blocks in the pile. The results of the collection made in a safe and accurate way of the displacement data throughout the measurement period, proved the efficiency of this system.

KEYWORDS: Instrumentation, Geotechnical Monitoring, Displacement, *Wireless*, Bluetooth.

1 Introdução

A frequência considerável de acidentes geotécnicos tem levado empresas a buscar por novos métodos inteligentes de monitoramento, aliado ao uso de novas tecnologias disruptivas. Com a tecnologia do monitoramento sem fio (*Wireless*), obtém-se diversas vantagens em relação à coleta manual, principalmente

quando se trata de locais de difícil acesso, onde necessitaria de uma equipe para realizar a coleta de dados *in situ*. Dessa forma, reduz-se o trabalho excessivo para fazer as coletas e os riscos de acidentes de trabalho.

Os equipamentos propostos nesse trabalho que utilizam a tecnologia *Wireless*, consistem em medidores de convergência os quais transmitem os dados de leituras para uma central de aquisição de dados via *bluetooth*. Os dados armazenados na central de aquisição, podem ser facilmente descarregados a partir de um local seguro utilizando um *smartphone* ou *tablet*.




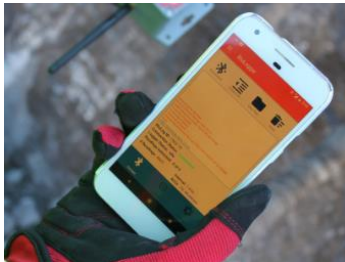
O sistema de monitoramento geotécnico via *wireless* foi implementado em uma pilha de estéril de uma pedreira que faz extração de rochas ornamentais, localizada na zona rural do município de Dorcas de Guanabara, no estado de Minas Gerais. Os fragmentos de rocha que não possuem aproveitamento econômico, são depositados próximo a lavra. Onde o material estéril é depositado, existe uma pilha de blocos na qual serve como barreira de contenção. Nessa barreira, existe a possibilidade de deslocamento dos blocos, o qual se faz necessário o monitoramento devido à sua localização a poucos metros de uma Pequena Central Hidrelétrica – PCH, e devido ao empreendimento estar inserido em uma zona de amortecimento da Unidade de Conservação.

2 Objetivo

O objetivo desse estudo é apresentar a implementação de uma nova tecnologia *Wireless* na instrumentação geotécnica, na qual é possível realizar a coleta de dados de forma fácil e segura, principalmente em locais de difícil acesso. Além disso, serão mostrados os resultados dos dados coletados pelos equipamentos durante o período de medição.

3 Equipamentos

Quadro 1 – Equipamentos utilizados no sistema de monitoramento *Bluetooth*.

<p>Medidor de convergência</p>  <ul style="list-style-type: none"> • Variação de medida entre 0,2 a 250 mm. • Leituras diretamente em milímetros • Resolução de 0,2 mm. 	<p>Transmissor de dados</p>  <p>É responsável por transmitir os dados captados pelos equipamentos até a central de aquisição de dados.</p>
<p>Central de Aquisição de Dados</p>  <ul style="list-style-type: none"> • Configuração <i>Plug and Play</i>. • Capacidade de armazenar até 30.000 leituras 	<p>Aplicativo</p>  <p>O aplicativo funciona com <i>smartphones</i> e <i>tablets Android</i>. Utilizado para configurar e descarregar os dados da central de aquisição de dados.</p>

3 Contexto Local

A pilha de estéril localiza-se na área industrial de uma mina de rochas ornamentais, situada no município de Dorés de Guanhões-MG. O local de deposição de estéril é limitado por um barramento de blocos com um dique filtrante formado por blocos de granito com saprolito arenoso de gnaiss para impedir o carreamento de finos para o rio Guanhões proveniente da drenagem pluvial.

A necessidade do controle dos blocos do barramento acontece pela localização da pilha de estéril estar a poucos metros de uma represa que pertence a uma hidroelétrica e também devido ao empreendimento estar inserido em uma zona de amortecimento da Unidade de Conservação (Figura 4).



Figura 4. Localização da Pilha de Estéril.

4 Metodologia

A metodologia é dividida em três etapas:

Etapas I: Plano de monitoramento

A primeira etapa consistiu em realizar uma visita técnica ao local para averiguar a situação do depósito, além de determinar quais equipamentos necessários para o controle. Por meio de uma inspeção visual, determinou-se os pontos de monitoramento nos blocos que apresentavam maiores tendências de deslocamento, visto que esses blocos já estavam bastantes deslocados. Desta forma, foram definidos quatro pontos para instalação dos equipamentos, buscando monitorar possíveis situações anômalas causadoras de instabilidade (Figura 5).

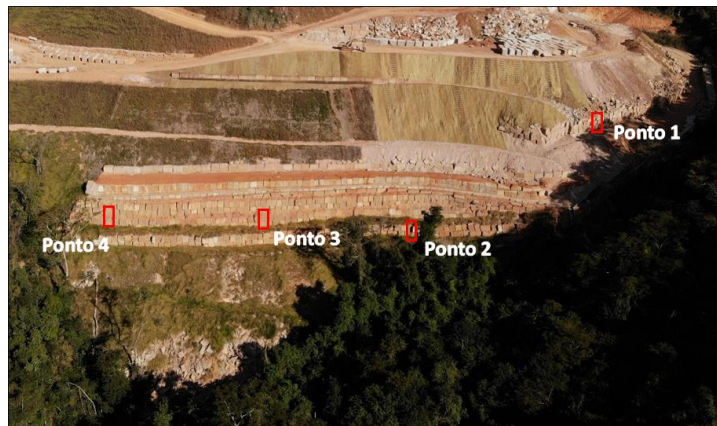


Figura 5. Localização dos pontos de monitoramento.

Etapa II: Instalação dos equipamentos

Para realização do controle geotécnico para possíveis deslocamentos dos blocos do barramento, foram utilizados os equipamentos medidores de convergência. São equipamentos pré-montados para mineração e aplicações civis. Os equipamentos possuem um sensor de deslocamento indutivo, um sensor de temperatura e um corpo de aço inoxidável mantendo os componentes eletrônicos hermeticamente selados possibilitando desta maneira o monitoramento em condições mais difíceis.

Os equipamentos foram fixados diretamente nos blocos utilizando terminais rotulares de forma que se os blocos deslocassem variando o seu ângulo, permitiria com que os equipamentos acompanhassem o movimento do bloco sem danificarem e ao mesmo tempo continuassem medindo seu deslocamento (Figura 6).

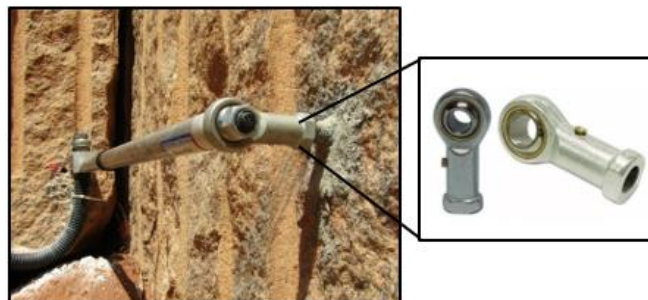


Figura 6. Método de instalação dos equipamentos.

Em cada ponto monitorado espera-se um possível tipo de movimento, conforme foi observado em campo, sendo:

Ponto 1 – Deslizamento horizontal do bloco superior

Ponto 2 – Deslizamento horizontal do bloco intermediário

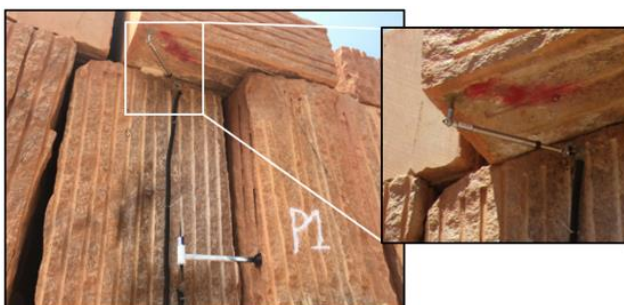


Figura 7. Instrumentado instalado no ponto 1.



Figura 8. Instrumentado instalado no ponto 2.

Ponto 3 – Rebaixamento do bloco inferior



Figura 9. Instrumentado instalado no ponto 3.

Ponto 4 – Tombamento dos blocos



Figura 10. Instrumentado instalado no ponto 4.

Etapa III: Monitoramento

O sistema de coleta dos dados funciona da seguinte forma:

- Dispositivo Transmissor de Dados é acoplado ao cabo que sai do instrumento Medidor de Convergência;
- Todos os dados captados com o Medidor de Convergência são enviados via *bluetooth* através do Transmissor de Dados para uma Central de Aquisição de Dados;
- Os dados ficam armazenados na central e através do aplicativo instalado em um *smartphone* é possível descarregar os dados via conexão *bluetooth*.

A Figura 11 ilustra como funciona o sistema de captação dos dados.

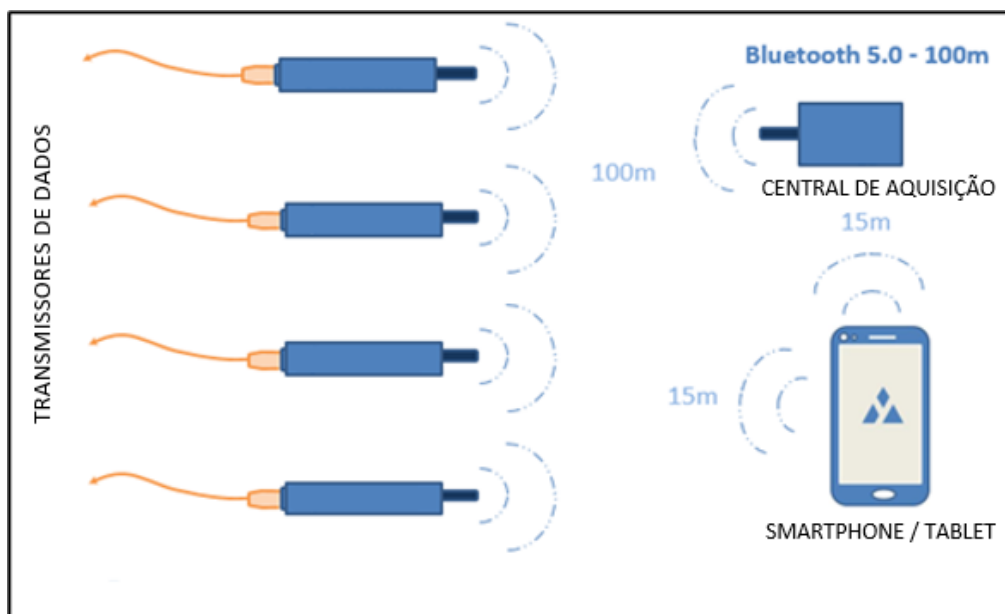


Figura 11. Esquema do funcionamento de captação do dados.

Os dados são captados através de um local seguro a cerca de 70 metros do local onde foi fixado a central de aquisição de dados (Figura 12).



Figura 12. Localização do ponto de coleta de dados e dos pontos de instrumentação.

A Tabela 1 abaixo apresenta as coordenadas UTM SAD69 dos pontos de monitoramento, da central de aquisição de dados e do local de coleta dos dados, respectivamente com as distâncias lineares de cada ponto até a central de aquisição de dados.

Tabela 1. Coordenadas dos pontos pontos de monitoramento.

Identificação	Coordenadas UTM SAD69		Distância linear até a central de aquisição de dados (m)
	Longitude	Latitude	
Central de dados	715808	7897470	-
Local de coleta	715791	7897406	70
Ponto 1	715719	7897423	100
Ponto 2	715780	7897476	29
Ponto 3	715828	7897485	26
Ponto 4	715872	7897495	69

5 Resultados

Os dados analisados compreendem o período entre 13/09/2019 a 18/02/2020. Os dados são apresentados em forma de gráfico, o qual contempla todos os quatro equipamentos instalados (Figura 13). Observa-se algumas oscilações no comportamento da linha de deslocamento nos gráficos. Isso ocorre devido as grandes variações de temperatura, visto que os equipamentos estão instalados em uma região exposta a altas variações climáticas.

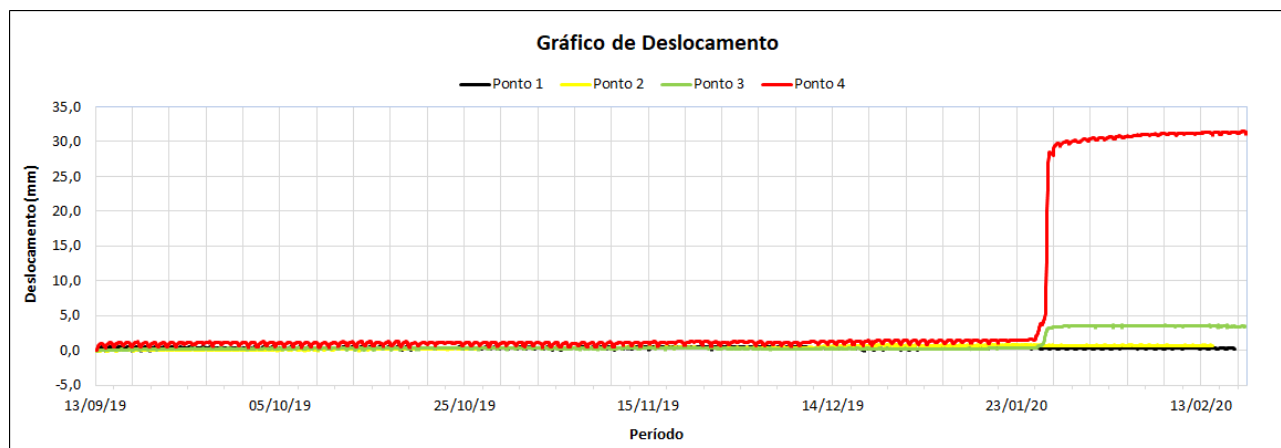


Figura 13. Gráfico com os níveis de deslocamento medidos nos pontos de monitoramento.

Conforme apresenta o gráfico acima, observa-se estabilidade nos pontos 1 e 2 durante todo o período de medição.

Nos pontos 3 e 4 observa-se uma divergência entre os dias 26 e 27/01/2020, chegando próximo de 3,5 mm no ponto 3 e 30 mm no ponto 4.

Após uma inspeção no local, foi constatado que os blocos se moveram após uma forte chuva que caiu na região, na qual ocorreu uma erosão próximo ao ponto 4 (Figura 14).



Figura 14. Identificação da erosão próximo ao ponto 4.

6 Conclusões e Comentários Finais

Conforme observa-se na Figura 5, o local onde foram instalados os equipamentos no barramento da pilha de estéril, é um local de difícil acesso e com risco de acidentes, o qual colocaria em risco a segurança dos envolvidos no monitoramento caso estivesse sendo realizada a coleta de dados manualmente em cada ponto de medição. Contudo, com a implementação do monitoramento geotécnico *wireless*, foi possível eliminar a exposição de pessoas no local para realizar a coleta de dados, visto que os dados podem ser baixados facilmente através de um *smartphone* ou *tablet* a partir de um local seguro.

Em relação às medições realizadas pelos equipamentos, eles se mostraram muito eficientes durante todo o período de medição, em que registraram os níveis de deslocamento ocorridos devido a uma erosão no local, o que possibilita uma tomada rápida de decisão.



Além disso, os equipamentos mostraram-se muito confiáveis, pois não apresentaram nenhuma anomalia agravante, mesmo esses trabalhando em condições severas e expostos a altas variações de temperatura.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à equipe da mina de rochas ornamentais, pela disponibilização das informações necessárias, além do auxílio durante a execução das atividades e por tornar possível a implementação de um novo método de monitoramento geotécnico *bluetooth* no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hyett, A. J. (2005). *Innovative Digital Instrumentation for Geotechnical Monitoring Systems*. MEMO Conference, Sudbury, Fev 2005.