



**1º Congresso da Sociedade  
Brasileira de Geofísica**  
**1<sup>st</sup> Congress of the Brazilian  
Geophysical Society**

20 a 24 de novembro de 1989  
Rio de Janeiro

**ANAIIS - ANNALS**

**SBGf**

Divisão Centro-Sul

**VOLUME 3**

## **EQUIPAMENTO PARA MONITORAÇÃO DE EMISSÃO ACÚSTICA**

*Vilmondes Ribeiro*

*Fábio Taioli*

*IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo*

### **RESUMO**

A técnica de monitoração de Emissão Acústica consiste na captação e análise dos microrruídos gerados por uma estrutura sob tensão.

Esta técnica tem se mostrado de grande valia na análise de problemas de estabilidade de maciços rochosos tanto a céu aberto como subterrâneos, uma vez que possibilita a detecção de fraturas ainda nos seus primeiros estágios de evolução.

Este trabalho descreve, em detalhe, o equipamento para monitoração de emissão acústica desenvolvido pelo IPT/DMGA, tanto do ponto de vista do usuário como de sua parte eletrônica e sensores.

### **ABSTRACT**

The Acoustic Emission/Microseismic (AE/MS) monitoring technique consists in the detection and analysis of "low level" sounds emitted by a material under stress.

This technique has proved to be effective on the analysis of rock mass stability either on the ground or underground structures. The advantage of the AE/MS technique is that it allows the detection of failures in the very first stages of development.

The present paper describes a complete AE/MS monitoring system developed by the IPT/DMGA.

## 1. INTRODUÇÃO

A área de Geofísica de Engenharia, apesar de seu desenvolvimento relativamente recente, tem crescido exponencialmente nos últimos anos, à medida que mais resultados positivos são obtidos. A Geofísica de Engenharia envolve técnicas geo  
físicas no estudo de problemas específicos em engenharia tanto civil como de minas.

Os métodos sísmicos comumente utilizados em tais estudos são: sísmica de refração, sísmica de reflexão de alta reso  
lução, "cross-hole", tomografia horizontal, tomografia verti  
cal, microssísmica e emissão acústica.

Todas essas técnicas são baseadas na teoria de propagação de ondas sísmicas em meios sólidos descontínuos e heterogêneos, apresentando, deste modo, inúmeras características e problemas em comum. Ao mesmo tempo, cada uma dessas técnicas é mais apropriada para o estudo de problemas específicos de engenharia, podendo-se citar a tomografia como a técnica mais indicada para o estudo e avaliação de cavidades e ero  
sibilidade de estruturas superficiais, enquanto a emissão a  
cústica, por ser uma técnica passiva, é mais indicada em problemas onde existe uma fonte emissora de eventos sísmi  
cos, e necessita-se localizá-la com precisão em três dimen  
sões, por estar normalmente relacionada com o problema que se pretende detectar ou corrigir (acúmulo de tensões, insta  
bilidade, etc.).

Em particular a técnica de monitoramento por emissão acústica vem sendo utilizada rotineiramente em diversos países (p.e. USA, Alemanha, África do Sul, Japão, Polônia, etc.) tendo se mostrado bastante eficiente na previsão e controle de instabilidades em Geotecnica e Mineração, ou associada a processos naturais. Como exemplos de aplicação pode-se citar:

- a) localização e controle de "rock-bursts" em minerações subterrâneas de sal, ouro, carvão, etc.;
- b) avaliação e controle de estabilidade de taludes tanto em minas como em rodovias, barragens, etc.;
- c) controle de eficácia de métodos de fraturamento hidráuli

co na determinação de tensões virgens em maciços rochosos;

- d) ferramenta de controle na exploração de recursos geotermais;
- e) como técnica de determinação em laboratório do sistema original de tensões a que a rocha estava submetida "in situ", utilizando o fenômeno de "efeito Kaiser".

Nesta técnica, diferentemente de outras que se utilizam da sísmica, o interesse na reconstrução precisa da onda sísmica tem uma importância secundária, uma vez que se procura trabalhar com uma grande quantidade de eventos sísmicos (centenas a milhares por hora, o que tornaria qualquer interpretação convencional impossível) e classificá-los estatisticamente segundo alguns parâmetros (p.e. intensidade, tempo de duração, conteúdo em energia, local de origem, etc.). Por tanto o equipamento que se deve utilizar é bastante diferente do convencionalmente utilizado para outras técnicas sísmicas, tornando-se aqui importante uma parametrização e classificação em tempo real, uma vez que devido à alta taxa de eventos, envolveria instrumentação extremamente onerosa, o que dificultaria sua utilização em ambientes hostis.

O equipamento desenvolvido e descrito neste trabalho foi concebido com uma arquitetura modular a fim de permitir expansões futuras. Consiste das partes básicas de detecção e registro parametrizado de eventos, além de fonte de alimentação e baterias dimensionadas para trabalho de campo por pelo menos dez horas ininterruptas.

## 2. EQUIPAMENTO

Este equipamento é composto por cinco partes, sendo uma delas o sensor e as outras quatro módulos para bastidor padrão. Descreve-se abaixo cada uma dessas partes.

### 2.1. Sensor

Deve-se lembrar que a técnica de emissão acústica trabalha com sinais de alta freqüência e consequentemente de baixa amplitude e, como muitas vezes não se interessa pela forma

da onda, torna-se possível trabalhar com sensores ressonantes (ao invés de lineares), aproveitando assim uma amplificação mecânica do próprio sistema massa-mola do sensor.

Para este sistema foram desenvolvidos vários sensores ressonantes com freqüência de ressonância diferentes (de 8 kHz a 30 kHz) e alguns sensores lineares (acelerômetros) de 10 Hz até 2 kHz. Todos os sensores utilizam-se de cristais piezoelectrícios montados sobre uma base rígida (lineares) ou base flexível (ressonantes). Em ambos os casos um pré-amplificador foi incorporado na própria carcaça do sensor. A característica principal deste pré-amplificador é sua alta impedância de entrada, além da boa linearidade na faixa de utilização.

## 2.2. Pré-Amplificador

O sinal captado pelo transdutor é injetado neste módulo, que constitui-se de três estágios de amplificação em cascata. Cada estágio tem ganho variável linear de 1 a 10 vezes, em incrementos de 1. Portanto combinando-se estes três amplificadores, pode-se obter um ganho de até 1000 vezes (60 dB).

## 2.3. Unidade Monitora (UM)

Despois de manipulado pelo pré-amplificador, o sinal é introduzido neste módulo, onde é primeiramente filtrado por dois filtros, passa altas e passa baixas, que determinam a banda de freqüência escolhida para trabalho. Pode-se optar por qualquer combinação entre passa altas de 5, 10, 50 ou 100 kHz e passa baixas de 50, 100, 200 ou 400 kHz.

Em seguida, um comparador inversor recebe o sinal de saída dos filtros. Aqui o sinal é comparado com um nível de tensão (dc) que pode variar, continuamente, de 0 V e 1 V. Este comparador determina o nível mínimo de aceitação (threshold) do sistema, fazendo com que seja computado o evento que ultrapassar esse limiar pré-ajustado.

A saída do comparador, o sinal é tratado pelo dispositivo de análise, que consiste em:

- a) Monoestável reacionável;

- b) Contador BCD;
- c) Display 3 1/2 digitos.

Esse dispositivo é responsável pelo armazenamento da informação útil e apresentação da mesma em displays.

À entrada do dispositivo de análise o sinal pode tomar dois caminhos, direto ou via monoestável reacionável. Quando este módulo (UM) esta em modo CONTAGEM, o sinal é introduzido diretamente ao contador, isto é, toda vez que o sinal ultrapassa a referência (nível dc ou "threshold"), o contador é acionado e transfere seu estado (informação) ao display. Por outro lado, em modo EVENTO, o sinal é examinado através de monoestável reacionável, isto quer dizer que além de determinar a existência de ultrapassagem pelo nível de referência (threshold), verifica-se também a ocorrência de outra ultrapassagem posterior, defasado de até um determinado tempo previamente fixado (0,1 ms; 0,2 ms; 1 ms; 3 ms ou 10 ms), para verificar se os dois sinais se enquadram no mesmo evento ou não. Só então é que se permite a transferência de informação ao contador. Desta forma o display irá indicar o número de vezes que o "threshold" foi ultrapassado (em modo contagem) ou o número de eventos independentes que ocorrem (em modo evento).

#### 2.4. Registrador Potenciométrico

Este módulo consiste num sistema de cálculo de taxa de contagens ou eventos mostrando-os de dois modos:

- a) através de display de 3 1/2 digitos, com capacidade de registrar até 999 contagens ou eventos;
- b) através de uma saída para registrador potenciométrico, que registrará a informação em forma de histograma. Esta saída habilita o registrador a realizar até 99 contagens ou eventos.

Este módulo permite a variação da razão de atualização da informação de forma que pode-se obter taxas de contagens ou eventos com base de tempo em segundos.

## 2.5. Fonte de Alimentação

Este módulo possui duas baterias, recarregáveis, de 6 V cada. Um voltímetro no painel permite verificar a carga das baterias, determinando a necessidade de uma eventual recarga ou troca das mesmas. O módulo de alimentação possui também o circuito que permite esta recarga.

## 3. CONCLUSÕES

O sistema apresentado tem se mostrado bastante versátil, uma vez que permite uma gama de possibilidades de utilização ampla, devido principalmente ao banco de pré-amplificadores e filtros.

Sua arquitetura modular também abre uma facilidade para futuras expansões, estando já em projeto um módulo para localização espacial unidimensional.

## BIBLIOGRAFIA

HARDY JR, H.R. Applications of acoustic emission techniques to rock and rock structures: a state-the-art review. Philadelphia, ASTM, 1981. p.4.92 (ASTM-STP, 750).

HARDY JR, H.R. Geotechnical applications of acoustic emission techniques: present status and future goals. Japan, 1984. (Paper prepared for presentation at the 7 International Acoustic Emission Symposium).

HARDY JR, H.R. & MOWREY, G.L. Study of underground structural stability using near-surface and down-hole micro seismic techniques. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FIELD MEASUREMENTS IN ROCK MECHANICS, Zurich, 1977. Proceedings p.75-92.

HARDY JR, H.R. & TAIOLI, F. Mechanical waveguides for use in AE/MS geotechnical applications - progress in acoustic emission IV. In: INTERNATIONAL ACOUSTIC EMISSION SYMPOSIUM, 9, Kobe Japan, 1988. Proceedings. p.292-302.

HARDY JR, H.R.; TAIOLI, F.; HAEGER, M. Use of mechanical waveguides and acoustic antennae in geotechnical AE/MS studies. 9p. (Paper submited for presentation at the International Acoustic Emission World Meeting, Charlotte,

North Carolina, 20-22 mar. 1989).

HARDY JR, H.R. et al. A study to monitor microseismic activity to detect sinkholes. Pennsylvania University Park, 1986. 183 p. (FAA Contract Dot-DTFA01-84-C-005, final report).

POLLOCK, A.A. Metals and rocks: AE physics and technology in common and in contrast. In: CONFERENCE ON ACOUSTIC EMISSION/MICROSEISMIC ACTIVITY IN GEOLOGY STRUCTURES AND MATERIALS, University Park, 1977. Proceedings... Clausthal, Trans.Tech Publications. p.243-256. (Series on Rock and Soil Mechanics, v.2, n.3, 1974-77).

TAIOLI, F. Laboratory evaluation of waveguides for acoustic emission/Microseismic monitoring. Pennsylvania State University, Department of Mineral Engineering, 1987. 144p. (MSc Thesis).

TAIOLI, F. et al. Tecnologia nacional em emissão acústica perspectivas de utilização em fraturamento e cedência de rochas e maciços rochosos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Balneário de Camboriu, 1980. Anais... Balneário de Camboriu, SBG. v.2, p.1198-1206.

UEDA, T.; NAKASAKI, H.; YAMAMOTO, T. Acoustic emission monitoring of rock grouting of dam foundations. In: INTERNATIONAL ACOUSTIC EMISSION SYMPOSIUM, 7, Japan, 1984. Proceedings. p.706-714.

YUDA, S. et al. Prediction of slope failure by acoustic emission technique. In: INTERNATIONAL ACOUSTIC EMISSION SYMPOSIUM, 7, Japan, 1984. Proceedings. p.660-667.