



República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e do Comércio Exterior  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0612856-4 A2**



\* B R P I 0 6 1 2 8 5 6 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 21/07/2006  
(43) Data da Publicação: 30/11/2010  
(RPI 2082)

(51) *Int.Cl.:*  
G08B 21/00  
G01S 1/02  
G01S 5/06  
G01S 5/12  
G01S 13/89  
G08B 21/02  
G08B 21/18  
G01S 5/00

(54) Título: **MÉTODO E SISTEMA PARA DETERMINAR CONDIÇÕES DE ALARME**

(57) **Resumo:** METODO E SISTEMA PARA DETERMINAR CONDIÇÕES DE ALARME. Um método e um sistema para a determinação de condições de alarme de um talude sob inspeção, por meio do que um ou mais valores de estimativa de ameaça adimensionais são calculados para um ou mais períodos de tempo. O valor de estimativa de ameaça adimensional máximo calculado é selecionado e comparado com um valor de limite de alarme. Se o valor de estimativa de ameaça adimensional máximo exceder ao valor de limite de alarme, condições de alarme serão reguladas para indicarem que o talude sob inspeção está exibindo um movimento não seguro.

(30) Prioridade Unionista: 25/07/2005 AU 2005903927

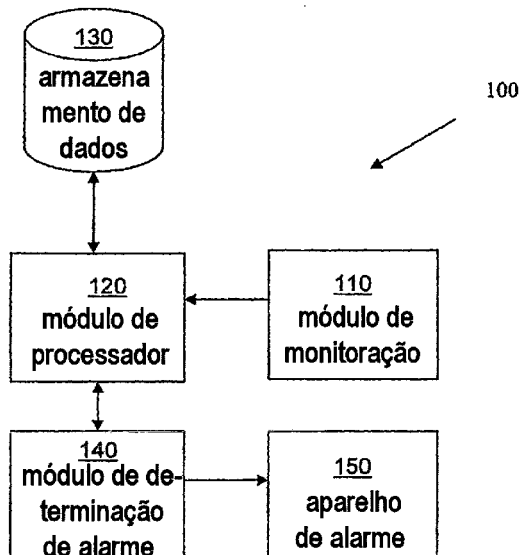
(73) Titular(es): GROUNDPROBE PTY LTD

(72) Inventor(es): BRYAN REEVES, DAVID NOON

(74) Procurador(es): ORLANDO DE SOUZA

(86) Pedido Internacional: PCT AU2006001036 de 21/07/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/012112 de 01/02/2007



**MÉTODO E SISTEMA PARA DETERMINAR CONDIÇÕES DE ALARME**CAMPO DA INVENÇÃO

A invenção se refere a um método e a um sistema de determinação de condições de alarme. Em particular, embora  
5 não exclusivamente, a invenção se refere a um método e a um sistema de determinação de condições de alarme no campo de monitoração de estabilidade de talude.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

A estabilidade de talude é uma questão crítica de  
10 segurança e produção para minas a céu aberto, pedreiras, trabalhos de engenharia civil e similares. As falhas principais de parede podem ocorrer aparentemente sem aviso, causando perda de vidas, danos a equipamento e uma perturbação significativa no processo de mineração,  
15 resultando em perdas significativas na produtividade.

Os sinais reveladores de instabilidade de talude incluem a abertura de fissuras na superfície de parede e na crista, uma fissuração audível, sismicidade, mudanças no fluxo de água subterrânea e volume aumentado de escombros.  
20 É difícil interpretar estes sinais para ser capaz de distinguir entre uma deformação esperada de terreno recentemente escavado e eventos que levarão a uma falha catastrófica do talude.

Há vários sistemas de monitoração de talude empregados  
25 por locais de minas para monitoração do movimento de taludes, de modo a se prover uma reflexão acurada das características de movimento do talude monitorado. Estes sistemas incluem o uso de extensômetros e medição de distância eletrônica a laser, para a medição da deformação  
30 da superfície de escavação e dilatação de fissuras

aparecendo na crista ou na face do talude. Um especialista geotécnico pode interpretar, então, o padrão e o histórico de movimento para melhoria da predição do processo de falha e para aconselhamento apropriado e estabilização tempestiva ou ações de gerenciamento de segurança.

Os Requerentes proveram previamente um novo sistema de monitoração de talude publicado sob a Publicação Internacional número WO 02/46790. Este sistema utiliza dados de radar e visuais para a monitoração de uma área da face de taludes para a determinação do movimento de seções discretas da parede. Neste sistema, várias condições de alarme forma propostas envolvendo o processamento da área ou uma magnitude de movimento de um talude ou qualquer uma de suas derivadas no tempo e a comparação destes valores com valores de deslocamento previamente definidos, de modo a se disparar um alarme.

Quase todos os taludes exibem uma faixa de tipos de movimento, antes de uma falha. Estes tipos de movimento incluem (T. D. Sullivan, "Understanding pit slope movements", Geotechnical Instrumentation and Monitoring in Open Pit and Underground Mining, pp. 435-445, 1993):

- 1) movimentos regressivos levando à estabilidade,
- 2) movimentos progressivos levando ao colapso,
- 3) movimentos transitórios os quais combinam os movimentos regressivos seguidos por progressivos, e stick slip (aderência, deslizamento), que é um número de movimentos regressivos/transgressivos normalmente induzidos por uma influência externa, tal como pancada de chuva, explosão ou mineração.

Nem todos estes movimentos constituem um aviso de

falha "operacional". Por exemplo, movimentos regressivos ou lineares em uma parede indicam que a parede está se movendo em direção à estabilidade. Para este caso, a mina freqüentemente funcionará sob um talude como esse, devido a

5 um baixo risco de falha (à parte de um risco gerenciável de rochas menores serem desalojadas da parede). Em contraste, movimentos progressivos são indicadores de falha. Contudo, mesmo nestas situações mais perigosas, o pessoal da mina pode operar com segurança sob o talude nos estágios

10 iniciais de movimento. Finalmente, o stick slip requer um processo de mineração interativo, onde a mineração continua até que novos movimentos ocorram (freqüentemente, isto é devido à mineração), após o que a mina pára até o talude se reestabilizar.

15 Todas as medidas de movimento absolutas (deslocamento, velocidade, aceleração e outras derivadas no tempo) de uma parede dependem de muitos fatores, incluindo o tipo de deslocamento, o tamanho da área em movimento, o tipo de material, os planos de fraqueza na parede, a complexidade

20 dos planos de deslizamento, o histórico cronológico de movimentos, e as influências externas no sistema. Mesmo o ângulo de visada do aparelho de monitoração influencia a velocidade atual aparente do movimento. Por exemplo, se o ângulo de visada for de 60 graus a partir do vetor de

25 velocidade de movimento de parede, a velocidade medida será de metade da velocidade real da parede. Em resumo, simplesmente usar uma medida de movimento absoluto para disparar alarmes proporciona uma indicação limitada do risco de falha associado ao talude sob consideração.

30 Um exemplo do risco pode ser demonstrado por um caso

em que há um grande movimento de velocidade constante em uma primeira área do talude, em conjunto com um movimento de aceleração menor em uma segunda área do talude. Um alarme é aplicado pela região inteira a uma vez e meia o movimento atual na região grande. Embora os movimentos na segunda área sejam menores, devido ao fato de eles estarem acelerando, essa região da parede tem maior probabilidade de ser perigosa.

Uma falha poderia ocorrer facilmente nesta segunda área com a liberação de rochas da parede. Tudo isto poderia ocorrer sem o movimento na segunda área mesmo atingir os movimentos de velocidade constante maiores na primeira área, desse modo o alarme de um aparelho de monitoração não soando. Geralmente, esta situação pode ser evitada ao se confiar na experiência do pessoal geotécnico que tem um nível de conhecimento das condições do terreno do talude sob inspeção e o uso de múltiplos alarmes. Contudo, resta uma situação difícil, com uma alta chance de os movimentos menores serem perdidos.

Medidas mais confiáveis de estabilidade de parede foram sugeridas, especificamente para a pós-análise de falhas de talude. Um dos métodos mais comuns é tentar estimar o tempo para falha. Há vários métodos para estimativa disto, com Cruden et al. (D. M. Cruden e S. Masoumzadeh, "Accelerating Creep of the Slopes of a Coal Mine", Rock Mechanics and Rock Engineering 20, pp. 123-135, 1987) provendo uma boa descrição de cada um dos vários métodos. Os métodos incluem a lei de Saito, leis exponenciais, leis de potência, leis de Zavodni e Broadbent.

Ryan et al (T. M. Ryan e R. D. Call, "Applications of Rock Mass Monitoring for Stability Assessment of Pit Slope Failure", Rock Mechanics, 221-228, 1992) também investigaram estes vários modelos de deslocamento 5 acelerando. A conclusão alcançada por Ryan et al. foi que medidas de velocidade realmente deram alguma indicação de tempo para falha, embora uma estimativa mais definitiva fosse a relação da velocidade um dia antes para a velocidade dois dias antes. As técnicas descritas, contudo, 10 se baseiam em uma entrada de usuário para se determinar quando o talude começou a se mover de uma maneira progressiva. Este método também não considera movimentos de parede mais rápidos, quando o tempo até uma falha é de menos de uma semana. Daí, o método contemplado é 15 inadequado, já que as falhas de talude freqüentemente são ocorrências rápidas, que podem ocorrer em uma questão de horas a partir do primeiro movimento crítico.

Assim, embora os aparelhos de monitoração de talude da técnica anterior freqüentemente variem os níveis de 20 acurácia de monitoração, é desejável prover um aparelho de monitoração de talude que possa determinar, de forma automática e acurada, as condições de alarme com base nos dados de deslocamento registrados do talude sob inspeção, desse modo provendo um aviso de uma mudança com risco 25 associado à estabilidade de um talude.

#### OBJETIVO DA INVENÇÃO

É um objetivo da invenção superar ou pelo menos aliviar um ou mais dos problemas acima e/ou prover ao consumidor uma escolha útil ou comercial.

#### EXPOSIÇÃO DA INVENÇÃO

Em uma forma, embora não precise ser a única ou de fato a forma mais ampla, a invenção reside em um método de determinação de condições de alarme de um talude sob inspeção, o referido método incluindo as etapas de:

5 (i) cálculo de um ou mais valores adimensionais de estimativa de ameaça para cada um ou mais períodos de tempo;

(ii) seleção de um valor de estimativa de ameaça adimensional máximo a partir de um ou mais referidos  
10 valores adimensionais de estimativa de ameaça calculados em (i);

(iii) comparação do valor de estimativa de ameaça adimensional máximo com um valor de alarme de limite; e

(iv) regulação de condições de alarme, se o valor de  
15 estimativa de ameaça adimensional máximo exceder ao valor de limite de alarme.

Recursos adicionais da presente invenção tornar-se-ão evidentes a partir da descrição detalhada a seguir.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

20 Para ajudar na compreensão da invenção e para permitir que uma pessoa versada na técnica ponha a invenção em efeito prático, as modalidades preferidas da invenção serão descritas a título de exemplo com referência aos desenhos associados, onde:

25 a FIG. 1 mostra um esquema de bloco de um sistema de monitoração de talude de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a FIG. 2 mostra um método de monitoração de talude de acordo com um aspecto da presente invenção;

30 a FIG. 3 mostra um método de determinação de condições

de alarme fazendo parte do método mostrado na FIG. 2;

a FIG. 4A mostra um gráfico de deslocamento de um talude sob inspeção com respeito ao tempo;

a FIG. 4B mostra o gráfico de deslocamento de um talude sob inspeção mostrado na FIG. 4A juntamente com um gráfico de estimativa de velocidade instantânea do talude;

a FIG. 5A mostra um gráfico de deslocamento de um talude com respeito ao tempo demonstrando as curvas de aceleração típicas antes de uma falha;

10 a FIG. 5B mostra um outro gráfico de deslocamento de um talude com respeito ao tempo demonstrando as curvas de aceleração típicas antes de uma falha;

a FIG. 6A mostra um gráfico de deslocamento de um talude com respeito ao tempo;

15 a FIG. 6B mostra um gráfico de deslocamento do talude sob inspeção na FIG. 6A por um primeiro período de tempo; e

a FIG. 6C mostra um gráfico de deslocamento do talude sob inspeção na FIG. 6A por um segundo período de tempo.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

20 O sistema e o método de determinação de condições de alarme de acordo com a presente invenção provêm uma estimativa de ameaça calculada a partir de dados de deslocamento registrados do talude com respeito ao tempo para alertar o pessoal de uma possível ocorrência de falha de talude. A estimativa de ameaça provida pelo método e pelo sistema da presente invenção é independente de talude pelo fato de permitir que alarmes de falha sejam iniciados, sem a exigência de o pessoal geotécnico regular valores de limite específicos de talude de deslocamento com respeito  
25  
30 ao tempo para um talude em particular. Além disso, a

estimativa de ameaça é independente do ângulo de visualização em relação à parede, e também é independente da direção do movimento da parede.

A FIG. 1 mostra um esquema de blocos de um sistema de monitoração de talude 100 de acordo com uma modalidade da presente invenção. O sistema de monitoração de talude 100 compreende um módulo de monitoração 110 em comunicação com um módulo de processamento 120 e um armazenamento de dados 130 em comunicação com o módulo de processamento 120. O sistema de monitoração de talude ainda compreende um módulo de determinação de alarme 140 em comunicação com o módulo de processamento 120 e um aparelho de alarme 150 em comunicação com o módulo de determinação de alarme 140.

O módulo de monitoração 110 é na forma de qualquer aparelho de monitoração de talude conhecido capaz de detectar um movimento em uma parede de um talude. Preferencialmente, o módulo de monitoração 110 é na forma de um módulo de radar em conjunto com um módulo visual, de modo a se detectar um movimento de uma parede de talude sob inspeção. Opcionalmente, o módulo de monitoração 110 pode ser na forma de uma pluralidade de extensômetros, aparelhos de medição de distância eletrônicos a laser ou similares.

O módulo de processamento 120 está em comunicação com o módulo de monitoração 110 e recebe dados de posição de talude brutos detectados pelo módulo de monitoração 110. O módulo de processamento 120 interpreta os dados brutos recebidos pelo módulo de monitoração 110 e traduz estes dados brutos em dados de deslocamento para o talude sob inspeção. Preferencialmente, o módulo de processamento 120 é na forma de um software operando em hardware, de modo a

realizar a função discutida brevemente acima. Uma pessoa versada na técnica prontamente identificará que o módulo de processamento 120 pode ser na forma de um software operando em um dispositivo de computação pessoal padrão ou, 5 opcionalmente, ser um hardware proprietário disposto para realizar esta função.

O armazenamento de dados 130 é na forma de um banco de dados, conforme é conhecido na técnica, e é capaz de ter dados logicamente armazenados nele e recuperados a partir 10 dali. Preferencialmente, o armazenamento de dados 130 é implementado via um software sendo executado em um hardware apropriado.

O módulo de determinação de alarme 140 está em comunicação com o módulo de processamento 120 e, 15 preferencialmente, é na forma de um módulo de software sendo executado em um hardware apropriado. Adicionalmente, o módulo de determinação de alarme 140 está em comunicação operativa com o armazenamento de dados 130, e utiliza o método da presente invenção, de modo a determinar se 20 existem condições de alarme em relação à estabilidade do talude sob inspeção, conforme será discutido em maiores detalhes abaixo.

Será prontamente evidente para uma pessoa versada que o módulo de processamento 120, o armazenamento de dados 130 25 e o módulo de determinação de alarme 140 podem ser implementados em um dispositivo de computação pessoal padronizado. Opcionalmente, cada um dentre o módulo de processamento 120, o armazenamento de dados 130 e o módulo de determinação de alarme 140 pode estar localizado em 30 dispositivos de computação geograficamente separados com

uma comunicação entre cada módulo facilitada por meio de paradigmas de computação distribuídos conhecidos. Mais ainda, será apreciado que o módulo de processamento 120 e o módulo de determinação de alarme 140 podem fazer parte de uma plataforma de software única com os módulos 120 e 140 sendo separações lógicas dos atributos funcionais do mesmo programa.

O método de determinação de condições de alarme de acordo com a presente invenção envolve uma análise de dados de deslocamento para a face do talude sob inspeção com respeito ao tempo, para a provisão de uma estimativa de ameaça adimensional.

A FIG. 2 mostra um método 200 de monitoração de talude de acordo com um aspecto da presente invenção. O método começa com o módulo de processamento 120 recebendo dados de posição brutos a partir do módulo de monitoração 110 em relação ao talude sob inspeção (etapa 210). O módulo de processamento 120 traduz estes dados de posição brutos em dados de deslocamento por unidade de tempo com respeito ao talude sob inspeção (etapa 220), e armazena esta informação no armazenamento de dados 130 (etapa 230).

O módulo de determinação de alarme 140 então se comunica com o armazenamento de dados 130, de modo a determinar se, com base nos dados de deslocamento por unidade de tempo armazenados no armazenamento de dados 130 pelo módulo de processamento 120, existem condições de alarme (etapa 240). A etapa 240 será discutida em maiores detalhes abaixo. Caso existam condições de alarme (etapa 250), então, o módulo de determinação de alarme 140 inicia um procedimento de alarme (etapa 260). Preferencialmente, a

etapa 260 envolve a atuação de uma combinação de um ou mais mecanismos de alarme no aparelho de alarme 150.

Por exemplo, o aparelho de alarme 150 pode iniciar uma combinação de sinais de alarme auditivos, visuais ou táteis, de modo a alertar o pessoal de um evento de instabilidade de talude. Opcionalmente, o aparelho de alarme 150 inclui um módulo de comunicação capaz de transmitir uma mensagem de alerta para uma ou mais entidades relevantes, de modo a alertar estas entidades quanto ao evento de instabilidade de talude.

Caso condições de alarme não existam (etapa 250), então, o módulo de processador de novo recebe dados de observação brutos a partir do módulo de monitoração 110 (etapa 210).

Será apreciado que as etapas 210 a 230 podem correr em paralelo com a etapa 260, quando as condições de alarme forem identificadas na etapa 240. Como tal o sistema de monitoração de talude 100 da presente invenção continua a monitorar o talude sob inspeção durante um possível evento de falha de talude.

Mais ainda, a etapa 240 opcionalmente pode ser iniciada em intervalos com tempo regulado e não executada a cada vez que dados de posição brutos forem observados pelo módulo de monitoração 110.

A FIG. 3 mostra o método de determinação de condições de alarme mostrado na etapa 240 na FIG. 2 em maiores detalhes. A etapa 240 é descrita no contexto de cálculo de uma estimativa de ameaça adimensional com base em uma tomada de dados de velocidade no começo e no fim de um período de tempo e provendo-se uma relação destes valores.

Será apreciado que a presente invenção pode ser aplicada ao cálculo de estimativas de ameaça adimensionais com base em qualquer derivada de tempo dos dados de deslocamento calculados na etapa 220.

5 Mais ainda, será apreciado que, como esta relação é calculada a partir de uma relação de derivadas no tempo de dados de movimento, com efeito, ela está calculando o nível de curvatura de um gráfico de derivada de tempo de dados de movimento em relação ao tempo. Como tal, a adaptação de uma  
10 curva exponencial a estes dados também pode ser usada para o cálculo deste valor de estimativa de ameaça adimensional.

Na etapa 241, a significância do movimento no talude por um período de tempo é determinada. Por exemplo, se o movimento no começo do período de tempo for nulo e, houve  
15 um movimento no fim do período de tempo, a relação destes valores tomados se aproximará do infinito. Mais ainda, há uma quantidade limitada de ruído em qualquer sistema de monitoração de talude. Como tal, em situações em que não há um movimento real da parede, este valor de ruído pode  
20 afetar de forma não realista a estimativa de ameaça adimensional.

Como tal, na etapa 241, o módulo de determinação de alarme 140 compara a leitura de velocidade no fim da escala de tempo em relação a um limite de velocidade pré-definido  
25 por usuário. Por exemplo, o limite de usuário pode ser regulado imediatamente acima dos erros totais do sistema do aparelho de monitoração. Se a velocidade no fim do período de tempo estiver abaixo do limite de velocidade pré-definido por usuário, nenhum alarme será regulado (etapa  
30 242), e o método 200 continua em laço.

Se a velocidade no fim do período de tempo estiver acima do limite pré-definido por usuário, o método 240 continuará. Na etapa 243, o módulo de determinação de alarme 140 calcula o período de tempo pelo qual a  
5 estimativa de ameaça adimensional é calculada. Este período de tempo pode ser pré-regulado para uso do cálculo de velocidade inicial na partida do sistema de monitoração de talude 100 e a estimativa de velocidade mais recente para o cálculo do valor de avaliação de ameaça adimensional.  
10 Opcionalmente, o período de tempo pelo qual o valor de estimativa de ameaça é calculado pode ser um período de tempo arbitrário regulado pelo usuário, tal como uma hora, um dia, ou qualquer outro período de tempo definível por usuário.

15 Preferencialmente, o módulo de determinação de alarme 140 calcula uma série de um ou mais períodos de tempo ao longo dos quais valores de estimativa de ameaça adimensionais serão calculados. Adequadamente, cada período de tempo tem o mesmo tempo de fim, que é o tempo atual no  
20 qual a avaliação está sendo feita, e tempos de começo diferentes. Por exemplo, dois períodos de tempo podem ser usados pelo módulo de determinação de alarme, o primeiro período de tempo selecionado tendo um tempo de começo 2 horas antes do tempo atual, e o segundo período de tempo  
25 selecionado tendo um tempo de começo 6 horas antes do tempo atual.

Daí, na etapa 243, o módulo de determinação de alarme 140 determina um ou mais períodos de tempo com um valor de estimativa de ameaça adimensional em separado a ser  
30 calculado para cada período de tempo.

Um valor de estimativa de ameaça adimensional então é calculado ao longo de cada um dos períodos de tempo (etapa 244) determinados na etapa 243. A estimativa de ameaça adimensional máxima então é identificada (etapa 246) a partir de um ou mais valores de estimativa de ameaça adimensionais calculados na etapa 244.

Este valor de estimativa de ameaça adimensional máximo selecionado então é comparado em relação a um valor de limite de ameaça definido por usuário (etapa 247) e, se o valor de estimativa de ameaça adimensional máximo exceder ao valor de limite definido por usuário, então, condições de alarme serão reguladas (etapa 248) e o método 200 continuará, conforme descrito previamente.

O método de determinação de condições de alarme da presente invenção não necessariamente provê uma estimativa quanto ao tempo para falha de um talude sob inspeção, nem provê de fato uma indicação que um talude sob inspeção necessariamente falhará. Ao invés disso, o método da presente invenção provê uma indicação quanto à mudança na dinâmica de um talude sob inspeção, de modo que o pessoal técnico possa avaliar o risco associado à mudança na dinâmica, de modo a determinar se ele é seguro para que as operações continuem.

A FIG. 4A mostra um gráfico de deslocamento com respeito ao tempo de um talude sob inspeção. As curvas de deslocamento mostradas representam deformação até e após um evento de falha de talude. Conforme visto, a deformação total foi em torno de 100 a 170 mm em várias regiões da parede.

A FIG. 4B mostra um gráfico da velocidade instantânea

(ou taxa em mm/h) com respeito ao tempo, em conjunto com uma curva de deslocamento para uma seção de uma face do talude sob inspeção. É claro a partir do gráfico que ao longo das 24 horas antes da falha, a velocidade da seção do talude sob inspeção aumentou mais de 7 vezes, de 4 mm/h para 30 mm/h.

Utilizando-se o método da presente invenção, em um tempo de 4 horas antes do evento e usando um valor de limite de ameaça de 2 e uma escala de tempo de 2 horas, o valor de estimativa de ameaça adimensional calculado na etapa 244 é de aproximadamente 2,75, e, usando-se um período de tempo de 12 horas, o valor de estimativa de ameaça adimensional calculado na etapa 244 é de aproximadamente 2,2. Daí, o valor de estimativa de ameaça adimensional de 2,75 seria selecionado na etapa 246, o que está além do valor de limite de 2 e, daí, condições de alarme seriam reguladas na etapa 248.

A FIG. 5A e a FIG. 5B mostram gráficos adicionais os quais demonstram o método de relação de velocidade de cálculo de um valor de estimativa de ameaça adimensional para várias curvas. Todas estas curvas claramente indicam movimentos significativos, e foram exibidas em um período de tempo apropriado para apreciação da curva de deslocamento. Para cada uma destas curvas, um valor de estimativa de ameaça adimensional de 1,5 proveria pelo menos três horas de aviso de falha.

Como resultado, se uma relação de velocidade fosse usada para a determinação do valor de estimativa de ameaça adimensional, então, valores de limite dimensionais típicos seriam regulados na faixa entre 1,5 e 2,5. Um valor

de 1,5 indica que a velocidade aumentou mais de 50% pelo dado período de tempo, e um valor de 2,5 indica um aumento de 150%. Para valores mais baixos do que isto, provavelmente há uma chance alta de alarme falso.

5 As FIG. 6A a 6C demonstram a dependência do tempo de determinação do valor de estimativa de ameaça adimensional. Para cada falha, a taxa de progressão de deslocamentos até uma falha é diferente. Isto depende de vários fatores, variando dos planos de fratura e da quantidade de material  
10 a influências externas sobre a parede. Como resultado, se estimativas de ameaça adimensionais forem calculadas em um período de tempo regulado, os movimentos de parede poderão não parecer ser uma ameaça, devido ao período de tempo ser curto demais ou longo demais. O resultado é um possível  
15 diagnóstico ruim de uma parede instável.

A FIG. 6A mostra o perfil de deslocamento pleno para uma falha típica. Deslizamentos anteriores ocorreram no talude, indicados pelo número de referência 602, antes dos precursores finais para uma falha, indicados pelo número de  
20 referência 603. Isto complica o algoritmo de determinação de alarme, desse modo sendo desejável apenas fazer a avaliação por um período de tempo mais curto. Para este exemplo, dois períodos de tempo, 600A e 600B, são selecionados na etapa 243, de modo a se calcular a  
25 estimativa de ameaça adimensional.

A Fig. 6B mostra o gráfico de deslocamento para o período de tempo 600A. Para este período de tempo, uma curva de aceleração clara pode ser vista, com a velocidade final de 4 a 5 vezes maior do que a velocidade inicial e,  
30 daí, o método da presente invenção produz um valor de

avaliação de ameaça adimensional de 4 a 5 na etapa 244.

Em contraste, a FIG. 6C mostra um gráfico para o período de tempo 600B. Neste período de tempo, a parede parece estar se movendo a uma velocidade constante e, daí, o valor de estimativa de ameaça adimensional calculado na etapa 244 é de aproximadamente 1. Daí, na etapa 246, o valor de estimativa de ameaça adimensional calculado para o período de tempo 600A seria selecionado e comparado em relação ao valor de limite para se determinar se condições de alarme devem ser reguladas.

O exemplo acima destaca que, embora o método da presente invenção possa ser empregado com sucesso usando-se um período de tempo único, em uma forma preferida, uma série de períodos de tempo é selecionada na etapa 243, embora sempre se mantendo o tempo final no período de tempo como o tempo atual ou o tempo da última medição de movimento de talude. Os valores de estimativa de ameaça adimensionais são calculados para cada um dos períodos de tempo e o valor de estimativa de ameaça adimensional máximo é comparado em relação ao valor de limite para se determinar se condições de alarme devem ser reguladas.

Uma extensão desta invenção é usar a estimativa de ameaça adimensional como o valor em uma imagem espacial 2D de movimentos de parede. É conhecido na técnica anterior usar deslocamento ou qualquer uma de suas derivadas no tempo na imagem espacial 2D (por exemplo, a FIG. 4A) para indicar um movimento de um talude sob inspeção, mas isto causa problemas com a sensibilidade de palheta de cores quando partes diferentes da parede estão se movendo por quantidades diferentes e taxas diferentes. Por exemplo, uma

área grande de uma parede poderia ter movido 1000 mm com uma velocidade constante, mas uma área pequena da parede poderia ter movido 10 mm com aceleração aguda. Caso o máximo da palheta de cores da imagem espacial 2D fosse regulado alto, o movimento de área pequena não seria exibido. Caso o máximo da palheta de cores da imagem espacial 2D fosse regulado baixo, a área grande de velocidade constante para aceleração seria perdida. Contudo, uma imagem espacial 2D usando a estimativa de ameaça adimensional da presente invenção exibiria características de movimento de ambas as áreas de parede e codificaria por cores a área de parede com maior ameaça (por exemplo, maior estimativa de ameaça adimensional) de queda de rocha. Uma outra vantagem da imagem de estimativa de ameaça é sua independência do ângulo de visada com a parede, e também sua independência da direção do movimento de parede, já que os erros se cancelam quando a relação é tomada.

O método e o sistema da presente invenção provêm uma estimativa de ameaça adimensional que pode ser usada para alertar às partes relevantes para a probabilidade de um evento de instabilidade de talude, por meio do que condições de alarme não são associadas a limites sendo excedidos com base em deslocamento ou qualquer uma de suas derivadas no tempo. Como tal, o método e o sistema da presente invenção são capazes de identificarem de forma mais acurada movimentos não seguros de talude com um método que é independente de geometria e menos dependente das características específicas da parede de talude sob inspeção.

Por todo o relatório descritivo, o objetivo foi descrever a invenção sem limitação da invenção a qualquer modalidade ou coleção específica de recursos. As pessoas versadas na técnica relevante podem perceber variações das 5 modalidades específicas que, não obstante, caem no escopo da invenção.

Será apreciado que várias outras mudanças e modificações podem ser feitas na modalidade descrita, sem se desviar do conceito inventivo e do escopo da invenção.

**REIVINDICAÇÕES**

1. Método de determinação de condições de alarme de um talude sob inspeção, o método caracterizado pelo fato de incluir as etapas de:

5 (i) cálculo de um ou mais valores de estimativa de ameaça adimensionais para cada um de um ou mais períodos de tempo, cada um de um ou mais valores de estimativa de ameaça adimensionais sendo calculado com base em dados de movimento com respeito a pelo menos uma porção do talude  
10 sob inspeção;

(ii) seleção de um valor de estimativa de ameaça adimensional máximo a partir de um ou mais referidos valores adimensionais de estimativa de ameaça calculados em (i);

15 (iii) comparação do valor de estimativa de ameaça adimensional máximo com um valor de alarme de limite; e

(iv) regulagem de condições de alarme, se o valor de estimativa de ameaça adimensional máximo exceder ao valor de limite de alarme.

20 2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de cada referido período de tempo ter um tempo de começo e um tempo de fim, o tempo de fim de cada período de tempo sendo o mesmo ponto no tempo e o tempo de começo de cada período de tempo sendo um ponto  
25 diferente no tempo.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de cada referido valor de estimativa de ameaça adimensional ser calculado tomando-se uma relação de dados de velocidade do talude sob  
30 consideração em um tempo de fim de um respectivo período de

tempo com dados de velocidade do talude sob consideração em um tempo de começo do referido período de tempo.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de cada referido valor de  
5 estimativa de ameaça adimensional ser calculado tomando-se uma razão de uma derivada de tempo de dados de deslocamento registrados para o talude sob consideração em um tempo de fim de um respectivo período de tempo com uma derivada de tempo de dados de deslocamento registrados para o talude  
10 sob consideração em um tempo de começo do respectivo período de tempo.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de cada referido valor de  
15 estimativa de ameaça adimensional ser calculado pelo ajuste de uma curva exponencial a um gráfico de uma derivada de tempo de dados de movimento do talude sob inspeção contra o tempo.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de um valor de estimativa de ameaça  
20 adimensional ser calculado para cada um de pelo menos dois períodos de tempo para a provisão de pelo menos dois referidos valores de estimativa de ameaça adimensionais.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ainda incluir a etapa de  
25 determinar se dados de velocidade do talude sob consideração em um tempo de fim de um período de tempo são maiores do que uma velocidade significativa, antes do cálculo de um valor de estimativa de ameaça adimensional para aquele período de tempo.

30 8. Método, de acordo com a reivindicação 6,

caracterizado pelo fato da velocidade significativa ser predeterminada por um usuário.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de cada valor de estimativa de  
5 ameaça adimensional ser calculado pelo ajuste de uma curva exponencial a um gráfico de uma derivada de tempo de dados de movimento do talude sob inspeção contra o tempo.

10. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ainda incluir a etapa de  
10 iniciação de um ou mais procedimentos de alarme, se condições de alarme forem reguladas na etapa (iv).

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de os procedimentos de alarme  
15 envolverem a iniciação de uma combinação de um ou mais dentre sinais de alarme auditivos, visuais ou táteis.

12. Método, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato dos procedimentos de alarme  
envolverem a comunicação de uma mensagem de alarme para uma entidade relevante.

20 13. Sistema de determinação de condições de alarme de um talude sob inspeção, o sistema caracterizado pelo fato de compreender:

um módulo de monitoração para a detecção de um movimento em pelo menos uma porção do talude sob inspeção;

25 um armazenamento de dados em comunicação operativa com o módulo de monitoração para armazenamento de dados de movimento processados com respeito ao movimento detectado do talude sob inspeção;

30 um módulo de determinação de alarme em comunicação operativa com o armazenamento de dados, o módulo de

determinação de alarme configurado para calcular um ou mais valores de estimativa de ameaça adimensionais com base nos dados de movimento processados armazenados no armazenamento de dados e regulando condições de alarme, se pelo menos uma dos valores de estimativa de ameaça adimensionais calculados exceder a um valor de limite de alarme.

14. Sistema, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de ainda compreender um aparelho de alarme em comunicação com o módulo de determinação de alarme, o aparelho de alarme sendo atuado se condições de alarme forem reguladas pelo módulo de determinação de alarme.

15. Sistema, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato do aparelho de alarme iniciar uma combinação de um ou mais sinais auditivos, visuais ou táteis, se condições de alarme forem reguladas pelo módulo de determinação de alarme.

16. Sistema, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato do aparelho de alarme incluir um módulo de comunicação para comunicação de uma mensagem de alerta para uma entidade relevante, se condições de alarme forem reguladas pelo módulo de determinação de alarme.

17. Sistema, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato do módulo de monitoração estar na forma de um módulo de radar para a detecção de movimento em pelo menos uma porção do talude sob inspeção.

18. Sistema, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato do módulo de comunicação de alarme calcular pelo menos dois valores de estimativa de ameaça adimensionais, cada valor de estimativa de ameaça

adimensional sendo calculado por um período de tempo que tem o mesmo tempo final e tempos de começo diferentes.

19. Sistema de monitoração de talude, caracterizado pelo fato de compreender:

5 um módulo de monitoração na forma de um módulo de radar que registra dados de radar com respeito a um talude sob inspeção;

um módulo de processamento que recebe os dados de radar e realiza um processamento interferométrico nos dados de radar para a provisão de dados de movimento processados com respeito ao talude sob inspeção;

um armazenamento de dados para o recebimento e o armazenamento dos dados de movimento processados;

um módulo de determinação de alarme em comunicação operativa com o armazenamento de dados, o módulo de determinação de alarme configurado para calcular um ou mais valores de estimativa de ameaça adimensionais com base nos dados de movimento processados armazenados no armazenamento de dados e regulando condições de alarme, se pelo menos um dos valores de estimativa de ameaça adimensionais calculados exceder a um valor de limite de alarme.

20. Sistema de monitoração de talude, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato do módulo de processamento ainda ser configurado para produzir mapas de interferência a partir dos dados de radar, os mapas de interferência indicativos de um movimento no talude sob consideração.

21. Sistema de monitoração de talude, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de ainda compreender um módulo visual para registro de pelo menos

uma imagem visual do talude sob consideração.

22. Sistema de monitoração de talude, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato do módulo de processamento ainda ser configurado para produzir mapas de interferência a partir de dados de radar, os mapas de interferência indicativos de um movimento no talude sob consideração, o módulo de processamento configurado para realizar um registro coordenado para alinhar os referidos mapas de interferência e pelo menos uma referida imagem visual.

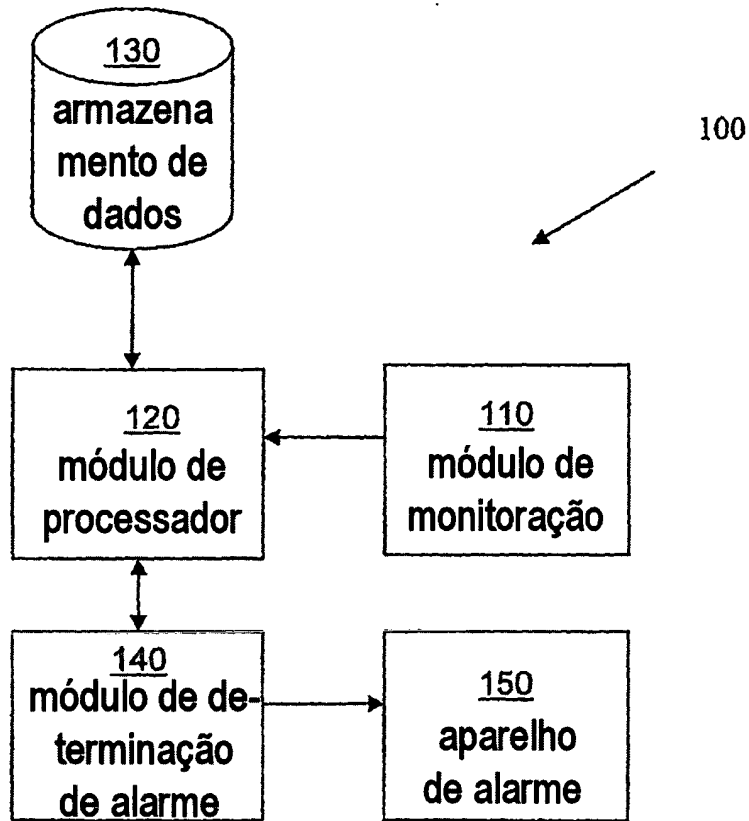


FIG 1

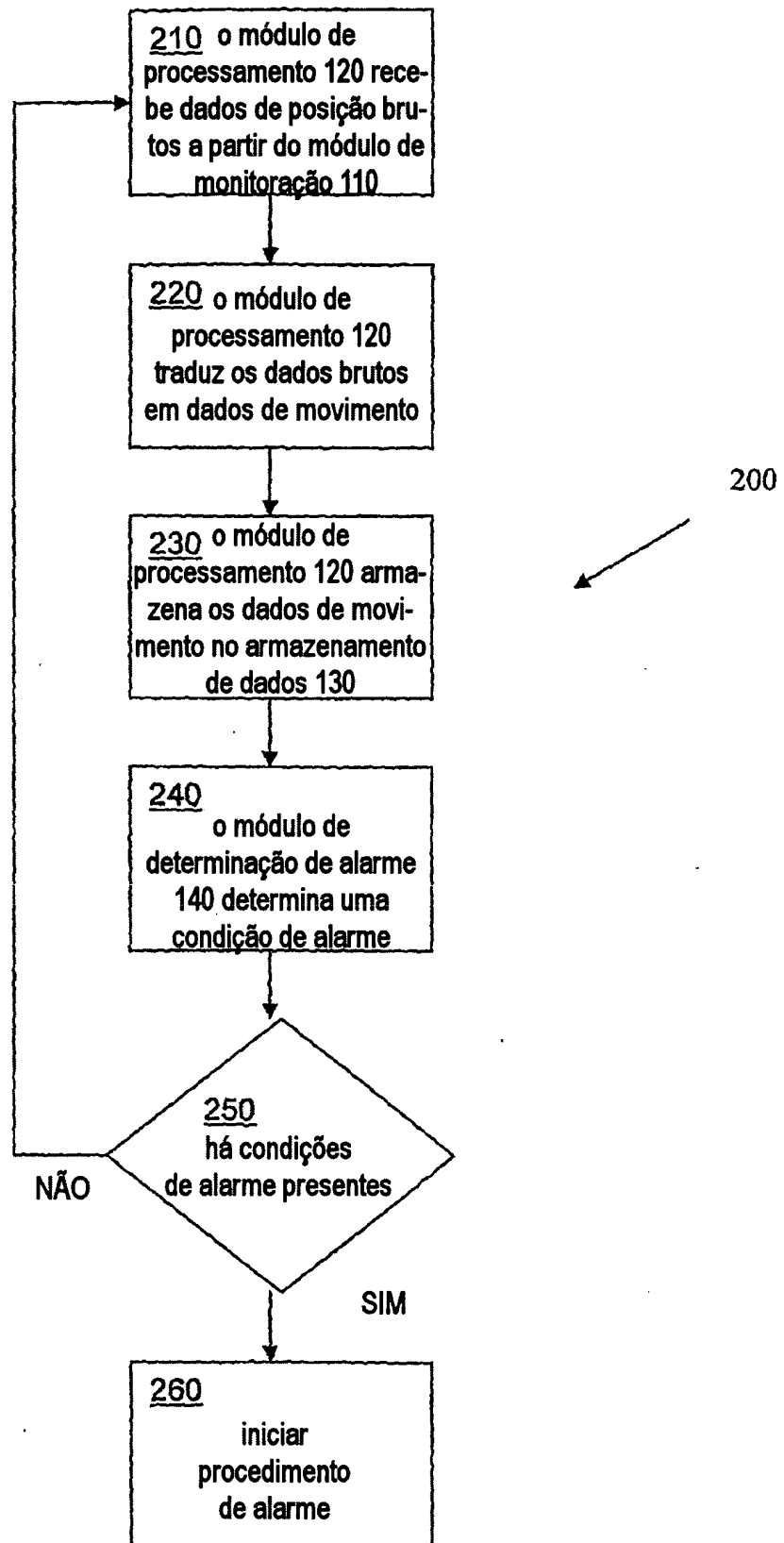


FIG 2

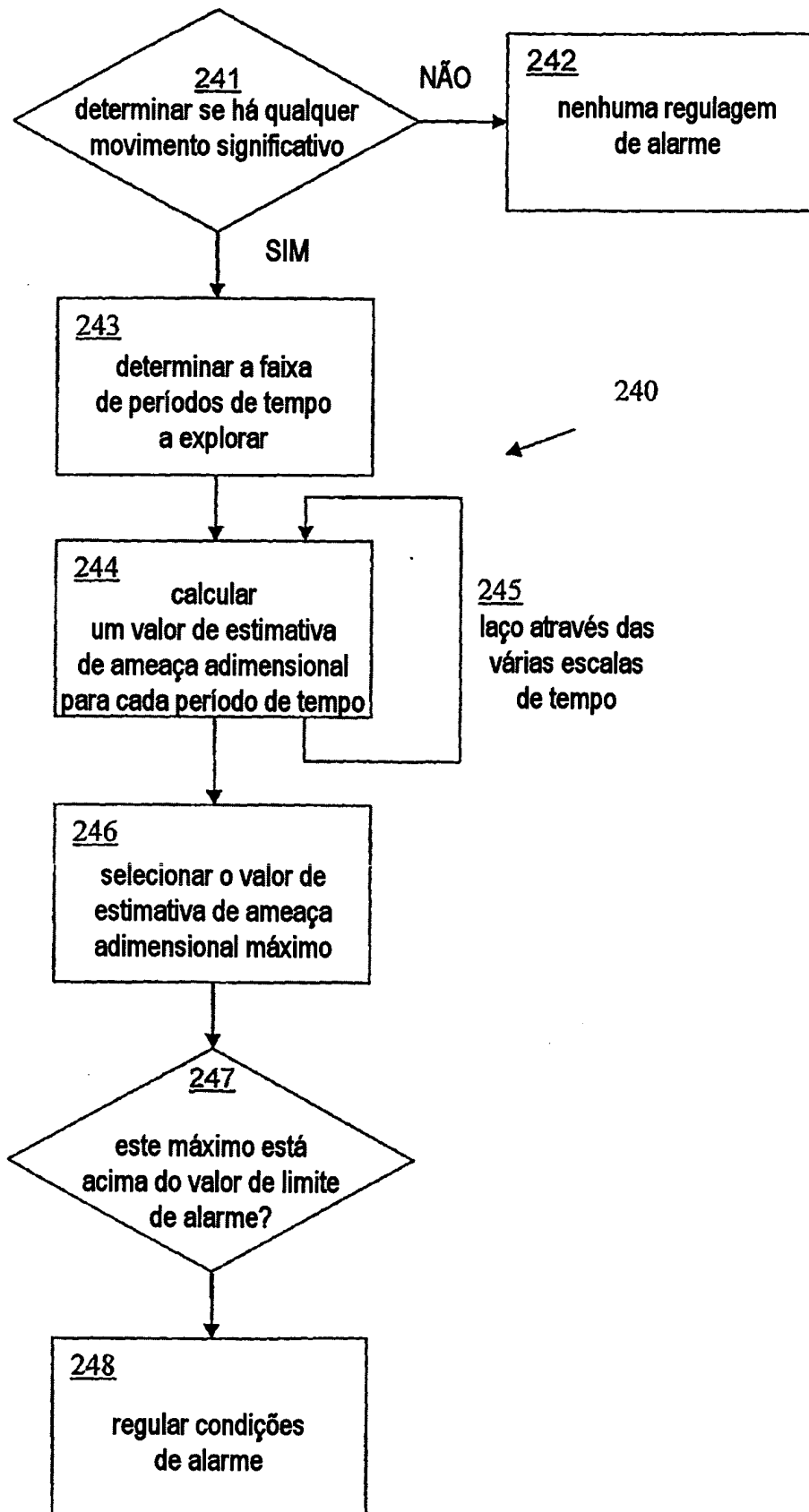


FIG 3

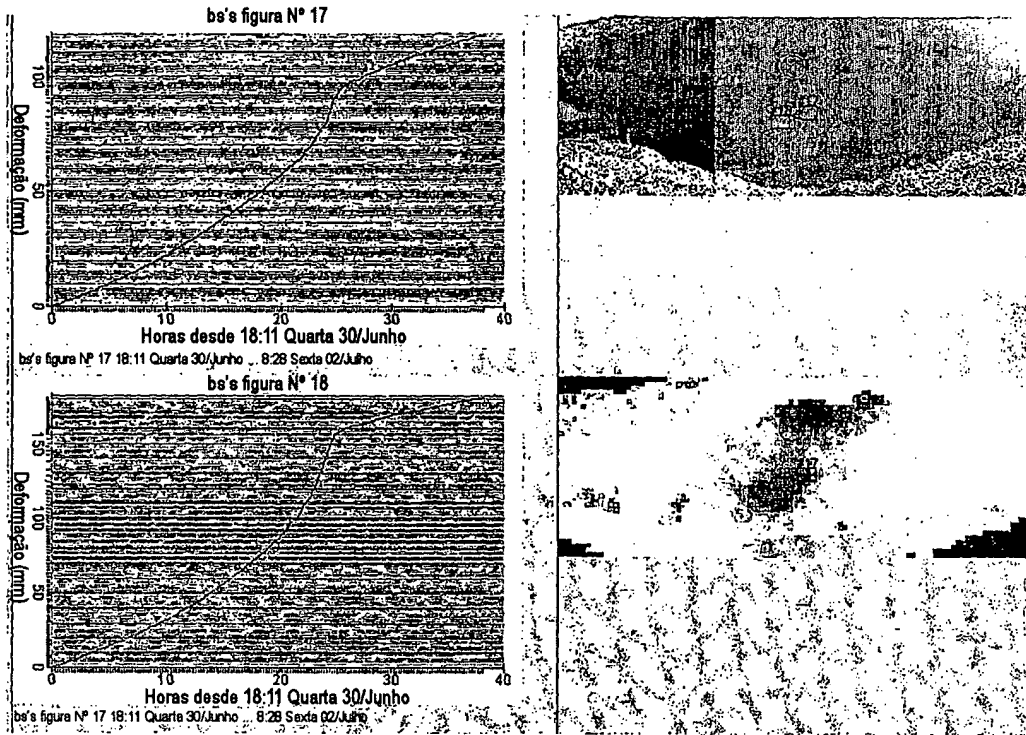


FIG 4A

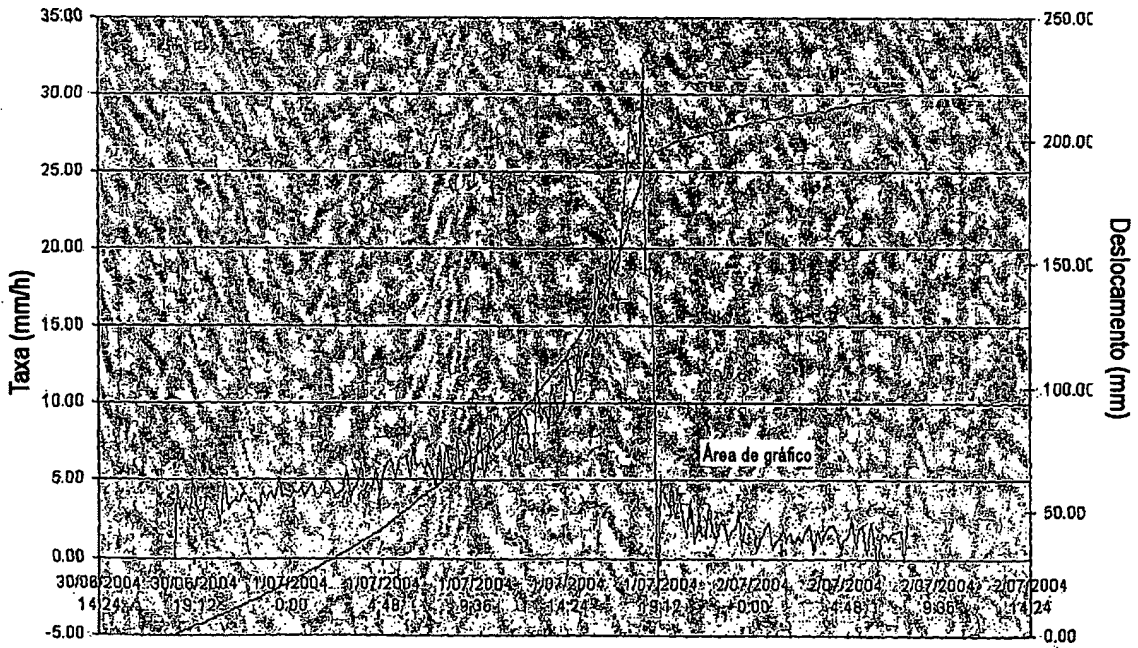


FIG 4B

ju's figura Nº 1

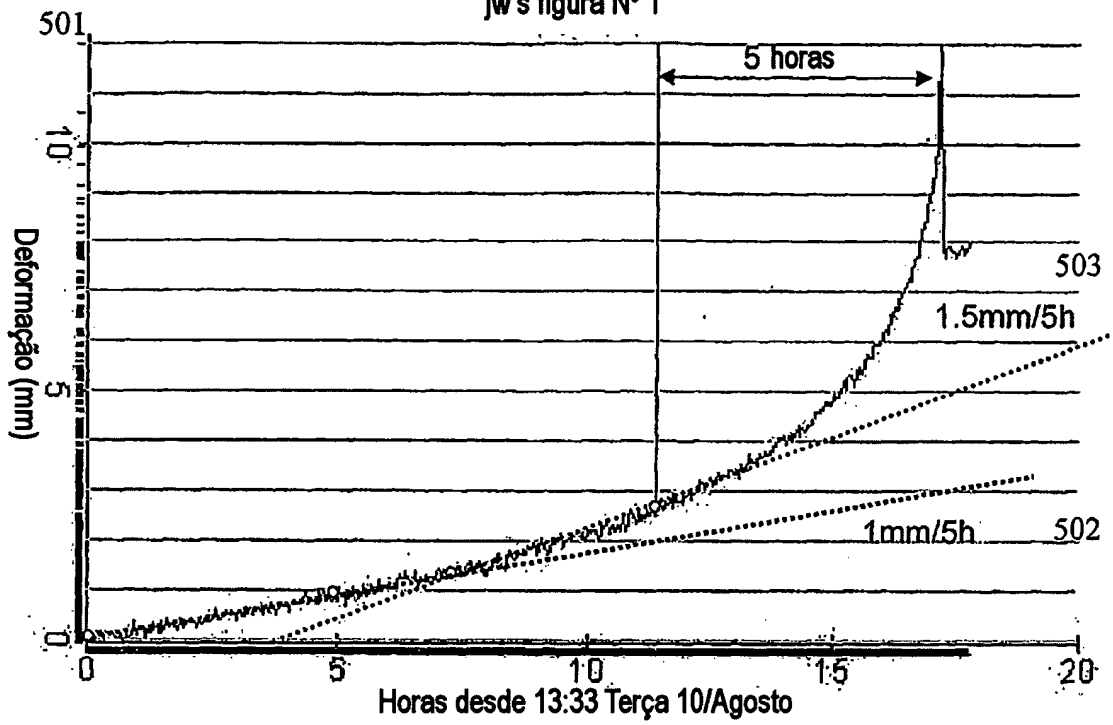


FIG 5A

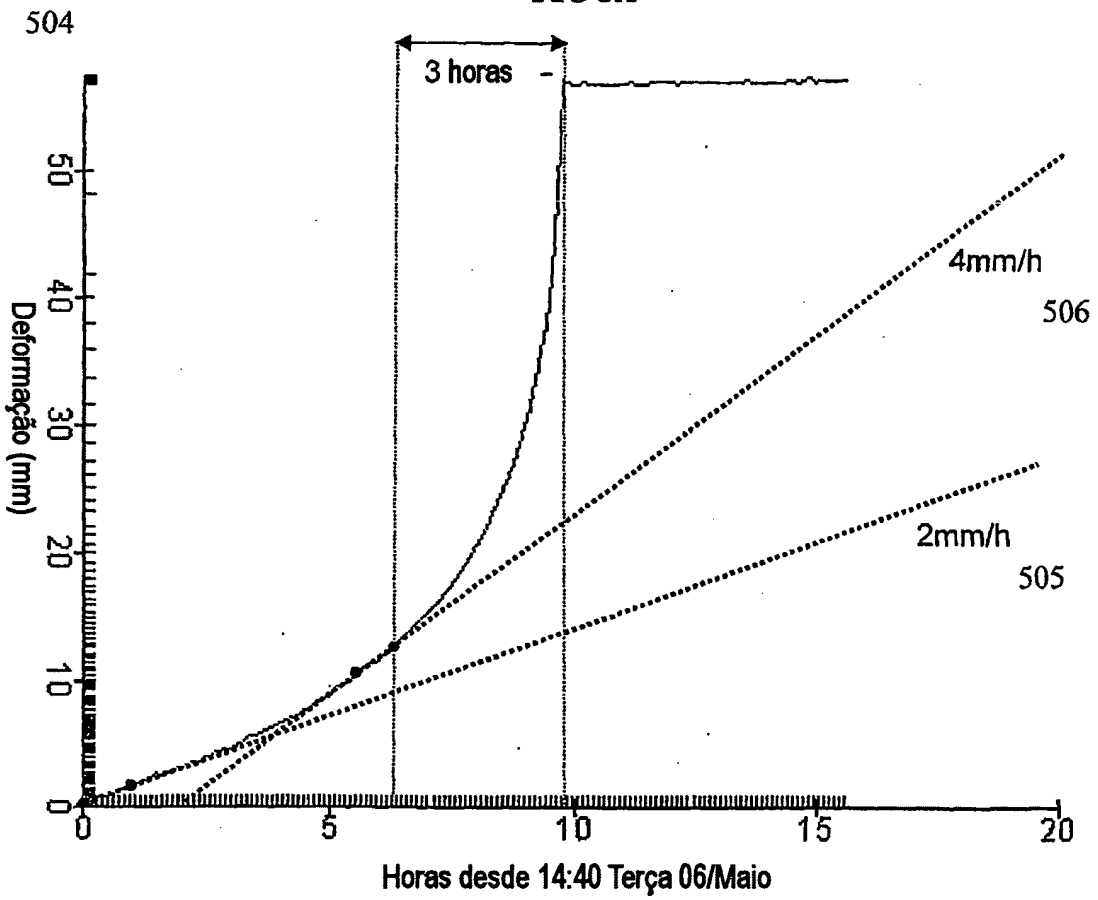
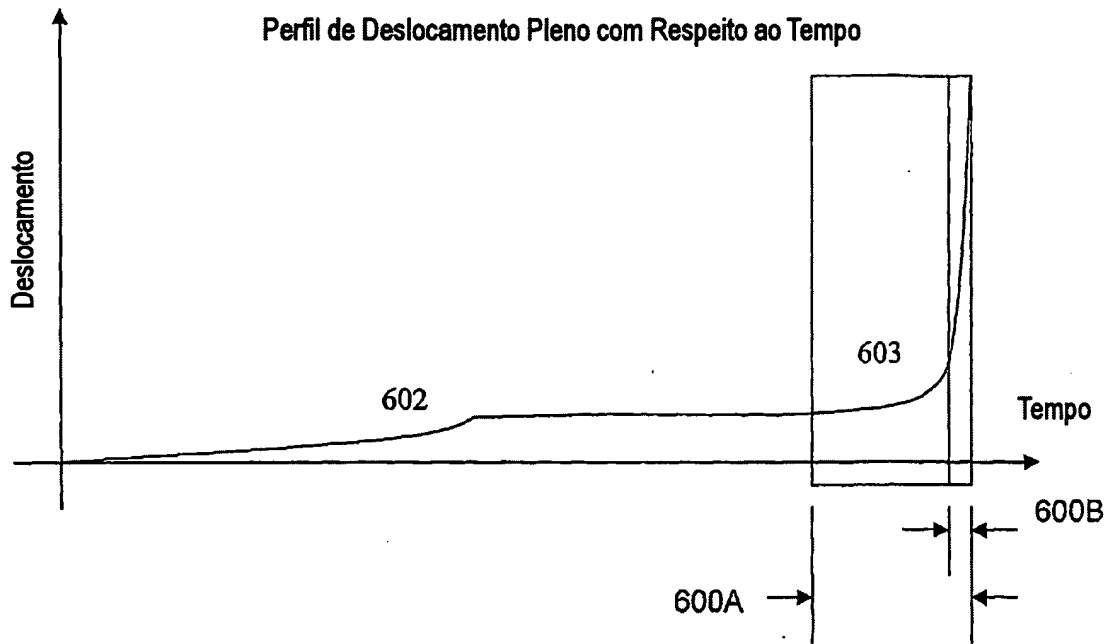
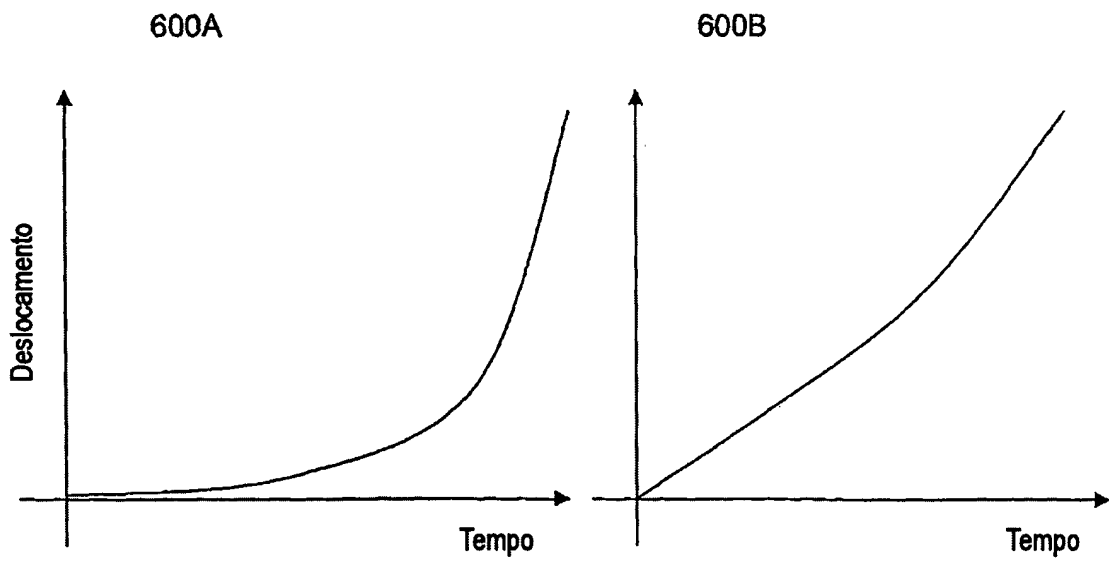


FIG 5B



**FIG 6A**



**FIG 6B**

**FIG 6C**

**MÉTODO E SISTEMA PARA DETERMINAR CONDIÇÕES DE ALARME**

Um método e um sistema para a determinação de condições de alarme de um talude sob inspeção, por meio do que um ou mais valores de estimativa de ameaça

5 adimensionais são calculados para um ou mais períodos de tempo. O valor de estimativa de ameaça adimensional máximo calculado é selecionado e comparado com um valor de limite de alarme. Se o valor de estimativa de ameaça adimensional máximo exceder ao valor de limite de alarme, condições de

10 alarme serão reguladas para indicarem que o talude sob inspeção está exibindo um movimento não seguro.