

2405234

IDENTIFICAÇÃO DE FAMÍLIAS DE DESCONTINUIDADES ATRAVÉS DA DISTRIBUIÇÃO DE POISSON

Luiz Antonio Urtiga e Silva⁽¹⁾, Arthur Endlein Correia⁽¹⁾, Pedro Refinetti
Martins⁽¹⁾, Ginaldo A. da C. Campanha⁽¹⁾

(1) Instituto de Geociências da USP – ginaldo@usp.br

1-Introdução

Descontinuidade é um termo utilizado em geotecnia para referir-se, de forma genérica, a estruturas geológicas planares. Fisicamente, representam quebras no meio rochoso contínuo, cuja resistência à tração é nula ou negligenciável. Em função disso, descontinuidades têm enorme influência nas características mecânicas e hidráulicas dos maciços rochosos, e sua análise constitui etapa fundamental para projetos de engenharia de rochas.

Descontinuidades não ocorrem com orientação absolutamente aleatória: por motivos mecânicos, elas ocorrem com algum grau de agrupamento, ao redor de orientações preferenciais associadas aos mecanismos de formação. Um conjunto de descontinuidades paralelas ou subparalelas é denominado de *família* (Hudson & Harrison, 1997). Esse conceito é utilizado pela geotecnia em métodos de análise de estabilidade de taludes e escavações subterrâneas porém seu método comum de identificação baseia-se em critérios subjetivos, que muitas vezes acabam por subestimar ou sobrestimar determinadas estruturas.

Neste trabalho desenvolveu-se rotinas computacionais para análise de descontinuidades utilizando métodos estatísticos, a partir de formulações teóricas existentes na bibliografia especializada, de modo a preencher uma lacuna existente nos pacotes computacionais disponíveis atualmente.

2-Método

Em sua publicação clássica de análise de descontinuidades, Priest (1993) indica que, ao se analisar um conjunto de dados de orientação de descontinuidades utilizando-se princípios de estatística baseados na distribuição de Poisson, é possível identificar padrões de agrupamento (*clustering*) nos dados e, conseqüentemente, efetuar a separação estatística de

famílias. Na realidade, Priest (1993) reproduz o método desenvolvido por Shanley & Mahtab (1976) e modificado por Mahtab & Yegulalp (1982). Este método consiste em uma análise do universo de dados (orientação das normais dos planos) que, baseada na distribuição de Poisson, identifica os pontos que estatisticamente não têm distribuição aleatória. Depois, compara a proximidade entre os pontos selecionados para agrupá-los em famílias.

Deste modo o algoritmo utilizado baseia-se no processo homogêneo de Poisson. Este é caracterizado por um parâmetro λ , chamado de intensidade, que é o número esperado de eventos ocorridos por unidade de tempo, em uma equação arbitrária qualquer $P(t)$ onde t é uma medida de tempo que varia no campo $(t, t+v)$ e k é diferença entre os resultados delas, de maneira que essa relação é dada por:

$$P(t+v) - P(t) = P(t) = k! = \frac{e^{-\lambda v} (\lambda v)^k}{k!} \quad (8)$$

Modificando as variáveis para a utilização em descontinuidades (Priest, 1993), o intervalo de tempo é substituído por um intervalo genérico que começa em zero, logo $P(t)=0$ e $P(t+v)$ é $P(v)$ definindo uma probabilidade P para k eventos em um intervalo com frequência λ .

$$P(k, v) = \frac{e^{-\lambda v} (\lambda v)^k}{k!} \quad (9)$$

No contexto das descontinuidades, o intervalo v pode ser substituído por um cone de busca de um ângulo pré-determinado ψ . Desse ângulo é possível retirar uma área c , que é a subtração da área do cone no estereograma, dado por:

$$c = 1 - \cos \psi \quad (10)$$

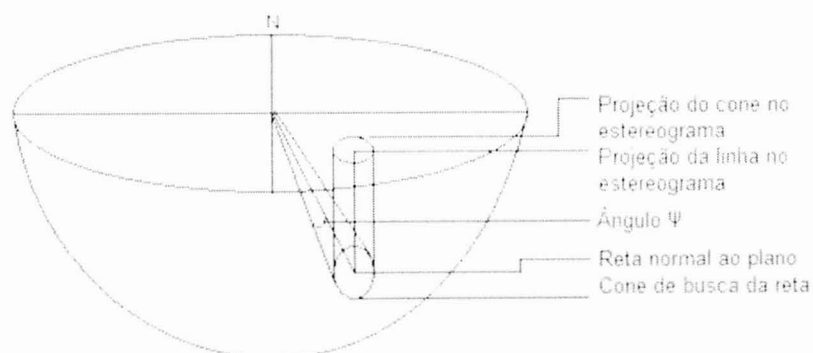


Figura 1 Representação esquemática de um cone de busca na projeção estereográfica

Substituindo a equação (10) na equação (9) para um intervalo de n descontinuidades a frequência λ será igual ao valor de n.

$$P(k, c) = \frac{e^{-nc} (nc)^k}{k!} \quad (11)$$

Com base nesta relação, é possível conhecer a probabilidade P na qual k descontinuidades dentro de um cone de busca de ângulo ψ indica perda de aleatoriedade. Esta probabilidade é dada pela equação a seguir:

$$P(t, c) = 1 - \frac{\sum_{j=0}^{t-1} e^{-nc} (nc)^j}{j!} \quad (12)$$

De maneira que a medida que t aumenta a probabilidade P (t,c) diminui até o ponto em que a distribuição deixa de ser aleatória, numericamente descrito quando $P(t,c) < c$.

3- Algoritmo utilizado

A rotina desenvolvida começa adquirindo parâmetros de origem dos dados e o ângulo do cone de busca escolhido. Usando o método de Poisson ela descobre a quantidade de pontos mínima para que a distribuição deixe de ser aleatória e em seguida faz a contagem do número de dados dentro do ângulo de cone escolhido para cada um dos dados. Por fim ela agrupa pontos não aleatórios pela proximidade para com as famílias.

As rotinas foram implementadas através linguagem de programação Python, (Python Software Foundation, 2010), dentro do programa OpenStereo (Grohmann, Campanha e Soares Júnior, 2011).

4-Resultados

Os algoritmos e rotinas desenvolvidos foram testados utilizando-se de conjuntos de dados simulados e reais.

Os resultados obtidos no trabalho se mostram compatíveis em comparação com o esperado em resultados adquiridos pelos métodos convencionais de observação, mas diferem em ter replicabilidade e, tendo uma origem estatística, conseguem identificar padrões que o olho humano não é capaz de perceber. Ao mesmo tempo o conhecimento geológico continua indispensável para um melhor resultado, sendo responsável pela escolha dos parâmetros que serão utilizados.

5. Referências

- Grohmann, C.H., Campanha, G.A.C. and Soares Junior, A.V., 2011. OpenStereo: um programa Livre e multiplataforma para análise de dados estruturais. **In:** *Atas do XIII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos*.
- Hudson, J.A.; Harrison, J.P. 1997. *Engineering Rock Mechanics: An Introduction to the Principles*. Elsevier Science, London, 456 pp.
- Mahtab, M.A. & Yegulalp T.M.1982. A Rejection Criterion for Definition of Clusters in Orientation Data. *Proceedings 23rd US Symposium on Rock Mechanics*. Berkeley, California. 760p.
- Priest S.D. 1993. *Discontinuity Analysis for Rock Engineering*. Chapman & Hall, London, 475 pp.
- Python Software Foundation 2010. Python, version 2.7: programming language software. Reston, Virginia, Zope Corporation.
- Shanley, R.J. & Mahtab, M.A. 1976. Delineation and analysis of centers in orientation data. *Math Geology* 8:9-23
- Silva, L.A.U. 2012 Desenvolvimento de programa de análise de descontinuidades para Geologia Estrutural Aplicada. *Monografia de Trabalho de Graduação*, Instituto de Geociências da USP.