

## UM SISTEMA PARA O PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE LINEAMENTOS

Hernani A. F. Chaves

DIVEX/SELIG

CENPES/Petrobrás - Cid. Universitária

Ilha do Fundão - Qd. 7

21.910 - Rio de Janeiro - RJ

Mary Effie Lewis

Mauricio Nardone

Prog. de Eng. de Sistemas e Computação

COPPE/UFRJ - Caixa Postal 68511

Cid. Universitária - Ilha do Fundão

20.245 - Rio de Janeiro - RJ

## RESUMO:

O sistema aqui apresentado está sendo desenvolvido para auxiliar o processamento e análise automática de feições lineares geológicas e sua interpretação. Como feições lineares entendem-se lineamentos e fraturas, identificadas em mapas topográficos, fotografias aéreas, imagens de radar e imagens de satélite.

## INTRODUÇÃO:

Dentro do contexto da geologia estrutural a análise de lineamentos é uma ferramenta utilizada para determinar padrões espaciais de dados direcionais e as suas relações como o

arcabouço tectônico regional. Segundo a definição de O'Leary e outros (1), um lineamento representa uma feição linear mapeável na superfície terrestre, a qual reflete, presumivelmente, a ocorrência de um fenômeno geológico em subsuperfície.

O número de lineamentos extraídos de um mapa ou imagem é geralmente grande demais para ser trabalhado manualmente. Para auxiliar as interpretações de lineamentos ou fraturas, foi desenvolvido e implantado um sistema que processa e analisa lineamentos num computador de grande porte, no Setor de Geologia da Divisão de Exploração no Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello da Petrobrás -(CENPES),(2).

O sistema, que atualmente funciona em mainframe está sendo migrado para um ambiente de micro-computador de 16 bits com o objetivo de tornar o sistema acessível para um maior número de usuários.

#### PROJETO DO SISTEMA:

O sistema consiste de vários módulos, escritos em Fortran V, compreendendo as seguintes etapas de processamento e análise:

##### (1) PROCESSAMENTO INICIAL

Os lineamentos e fraturas são representados por segmentos de reta e armazenados segundo as coordenadas cartesianas das suas extremidades, na forma  $(X1, Y1)$ ,  $(X2, Y2)$ . Inicialmente, os dados são ordenados em ordem lexicográfica para facilitar o processamento necessário na identificação de padrões direcionais. Os dados nesta forma são transformados em azimuth (ângulo em relação ao norte no sentido horário) e em comprimento (3).

## (2) ANÁLISE DIRECIONAL

Uma vez transformados, na etapa de análise direcional os dados são ordenados pelo valor do azimute, permitindo assim a contagem de frequência ou de comprimento acumulado por intervalo angular (geralmente de 1, 5 ou 10 graus). Esta ordenação e contagem é usada para obter a distribuição direcional dos dados observados apresentados através de um dispersograma de azimute versus frequência ou comprimento acumulado, ou ainda de uma roseta (histograma circular).

Os resultados desta etapa são também usados para obter os seguintes parâmetros estatísticos, por intervalo de azimute :

- a) Frequência de ocorrência de lineamentos;
- b) Soma dos comprimentos dos lineamentos;
- c) Porcentagem em relação ao número total de lineamentos;
- d) Porcentagem em relação à soma total dos comprimentos dos lineamentos;
- e) Comprimento médio .

Com base nestes parâmetros e nos gráficos, pode-se identificar direções preferenciais, correspondendo a intervalos específicos de azimute, e que possivelmente indicam padrões espaciais com algum significado morfoestrutural (4).

## (3) SELEÇÃO:

A etapa seleção oferece opções de definição de subconjuntos dos dados para a análise de padrões de interesse na interpretação geológica. Atualmente, estão incluídas no sistema as seguintes opções:

- por área: subregiões quadradas ou retangulares da área em estudo podem ser selecionadas;

- por comprimento: dados com comprimento maior ou menor que um valor especificado podem ser extraídos do conjunto inicial de dados;

- por azimute: intervalos angulares identificadas nos dispersogramas ou rosetas podem ser selecionados para serem analisados a posteriori.

O sistema permite que estas opções sejam aplicadas isoladamente ou combinadas sobre os dados do usuário a fim de propiciar:

(a) uma análise direcional local;

(b) a seleção de feições de um determinado tamanho, as quais estariam associadas a um mesmo fenômeno;

(c) a extração de subconjuntos de direções em intervalos de azimute.

#### (4) PROCESSAMENTO EM CELAS

Para uma análise do comportamento espacial das variáveis direcionais, foi incluído no sistema um módulo para o processamento dos dados por celas. Este tratamento é feito através de um algoritmo de "clipping", onde os segmentos de reta são subdivididos e suas partes são alocadas nas celas correspondentes, como na Figura 1. Assim, essas celas podem ser consideradas individualmente ou em conjunto:

processamento individual - neste caso é possível a realização de uma análise direcional, como a descrita acima, para cada cela, bem como a apresentação simultânea dos resultados obtidos (dispersogramas ou rosetas) num só diagrama.

processamento conjunto - neste caso pode-se calcular, por um processo de média móvel, a orientação média ou a densidade de lineamentos por cela. Os resultados obtidos são armazenados numa

matriz cujas entradas representam o azimute médio ou densidade por cela. A partir desta matriz, podem ser traçados mapas de iso-azimute ou mapas de direções de vetores médios e de iso-densidade, assumindo-se que esses valores estão posicionados no centro de cada cela.

No caso do processamento conjunto o usuário tem a opção de especificar o tipo de recobrimento (Figura 2) que será empregado. Isso permite suavizar as descontinuidades introduzidas ao se tratar os dados por celas

#### RESULTADOS:

Este sistema foi utilizado para suporte à interpretação de lineamentos em três teses de mestrado e em dois projetos de mapeamento estrutural e estudo regional de bacias. O tempo economizado e os resultados obtidos evidenciaram a importância desse sistema para a pesquisa geológica.

#### EXTENSÕES:

As opções de processamento e análise atualmente oferecidas no sistema estão sendo ampliadas para incluir os seguintes módulos:

- superposição de gráficos e mapas;
- análise espectral da distribuição direcional dos lineamentos para identificar pares conjugados de direções e possíveis padrões de periodicidade;
- traçado de linhas de fluxo sobre os mapas de vetores médios de forma a realçar possíveis concentrações ou divergências nas orientações de fraturas ou lineamentos.
- ampliação desse sistema com facilidades específicas à análise de segmentos orientados que ocorrem também em escalas microscópicas, como por exemplo em textura de rochas.

Além disso, serão feitos estudos para decompor o processamento de maneira a viabilizar a sua implementação em máquinas com novas arquiteturas.

#### CONCLUSÕES:

Como o sistema apresentado trata os lineamentos como resultados da intersecção da superfície terrestre, considerada plana, com um plano vertical, está previsto a realização de pesquisas que permitam uma análise espacial dos dados levando em conta o esferoide ( a Terra) e também a remoção do efeito dos movimentos tectônicos através do tempo geológico. Isso possibilitaria a geração de mapas palinspáticos, os quais identificam as feições lineares atuais com os diferentes tempos do passado geológico. Esta abordagem será mais um passo na integração da análise de feições lineares no processamento 3D de modelos geológicos.

Essas pesquisas poderão levar ao desenvolvimento de um sistema mais complexo para o tratamento de informações geoestruturais visando a reconstrução e visualização de fenômenos tectônicos.

#### BIBLIOGRAFIA:

- (1) O'LEARY, D.W., FRIEDMAN, J.D & POHN, H.A. Lineament, linear, lineation: Some proposed new standards for old terms. Geological Society of America Bulletin, v.87, p. 1463-1469
- (2) LEWIS, M.E., SOUZA, R.G.P., CHAVES, H.A.F. Automatic Analysis of Lineaments. Anais do IV South American Symposium of COGEO DATA, 1987.

(3) CHAVES, H.A.F. Considerações sobre Análise de Dados Direcionais. Relatório Interno da PETROBRSS, 1970.

(4) MIRANDA, F.P. Sistemática de Interpretação de dados do sistema Landsat e de imagens de radar para a prospecção de hidrocarbonetos, INPE, Tese de Mestrado, 1983.

LEGENDAS:

FIGURA 1 ( Inferior ) O segmento de reta OP é subdividido e suas partes alocadas nas celas correspondentes: segmento OA na cela (1), segmento AB na cela (3), bc na cela (4) e CP na cela (6).

FIGURA 2 a( Superior esquerda ) Média móvel da cela i,j com 50% de recobrimento.

FIGURA 2 b( Inferior esquerda ) Média móvel da cela i,j com 100% de recobrimento.