



Filtragem Lp de perfis geofísicos de poço

Carlos Luciano C. de Jesus; Milton J. Porsani - CPGG/UFBA,
Girão Nery - HYDROLOG Serviço de Perfuração Ltda e
Najara S. Sapucaia - CPGG/UFBA, Brasil.

Copyright 2003, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared to presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper was received by The Technical Committee of the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represents any position of the SBGF, its officers or members. Electronic reproduction, or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of The Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

Aiming at to take care of the requirements of the oil company, the industry of well logging, it always searches to eliminate and/or to attenuate the effect of the degradation of profile's data, being produced tools with advanced technologies and more efficient algorithms for treat profiles data.

This paper shows a new method of data filtering looking for better to define the well litologies information. The new method is based on the Lp norm and represent a generalization of the mean concept. Particular case correspond to the median filter ($p = 1$) and to the running arithmetic media.

In this context, the filter will have as parameter the width of the window (L), that represents the number of samples, and the value of the norm (p).

Numerical examples using real data illustrate the application new method.

Introdução

A perfuração de um poço constitui a última etapa da prospecção do petróleo. Apesar dos avançados métodos geofísicos e geológicos atuais poderem sugerir as locações mais prováveis para reservatórios petrolíferos, é somente através da perfuração do poço que se confirmam ou não os prognósticos. Durante anos com a progressiva exploração de hidrocarbonetos nos grandes e espessos reservatórios, muitos destes tornaram-se escassos. Devido a tal fato, a alternativa para a indústria de petróleo é a exploração dos hidrocarbonetos nos pequenos e limitados reservatórios. Porém, estes reservatórios estão localizados em regiões onde a geologia é muito mais complexa. Entretanto, a grande dificuldade para se localizar os pequenos reservatórios deve-se à sua constituição, geralmente caracterizada pela presença de camadas delgadas, onde a

maioria destas camadas possui uma espessura tão pequena, que as ferramentas usuais de perfuração, empregadas na avaliação de formações, são incapazes de registrar a real variação de um determinado parâmetro petrofísico, para cada uma delas, individualmente. A indústria da perfuração de poço, visando atender as exigências das companhias de petróleo, busca sempre eliminar e/ou atenuar os efeitos da degradação dos dados do perfil, produzindo ferramentas com tecnologias avançadas e algoritmos mais eficientes para o tratamento dos dados dos perfis. vspace-1.0cm

Metodologia - Cálculo da média Lp

A seguir apresentamos um procedimento para obtenção da média em termos da norma Lp. No caso de $p = 2$ o método fornece a média aritmética no interior de uma janela de L amostras. Para $p = 1$ fornece como resultado a mediana.

O procedimento apresentado a seguir representa uma simplificação do método de inversão linearizada com ponderação múltipla dos desvios apresentado por Porsani et. al. (2001).

No caso da média, o modelo é representado por um único parâmetro e podemos escrever o desvio entre o dado registrado na perfuração v_j e o parâmetro m como:

$$\Delta d(m, v_j) = v_j - m \quad (1)$$

Definimos;

$$f_p(m, p, v_j) = |\Delta d|^{\frac{p}{2}} = \left[[(v_j - m)^2]^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{p}{2}} \quad (2)$$

A forma quadrática que correspondente a soma total do quadrado dos desvios pode ser representado na forma:

$$Q(\mathbf{m}, p) = \mathbf{f}_p^T \mathbf{f}_p \quad (3)$$

A equação (3) pode ser aproximada para $\hat{Q}(\mathbf{m}, p)$, onde:

$$\hat{Q}(\mathbf{m}, p) = \hat{\mathbf{f}}_p^T \hat{\mathbf{f}}_p \quad (4)$$

Sendo $\hat{\mathbf{f}}_p$ uma aproximação de primeira ordem do vetor \mathbf{f}_p , em torno do modelo m_k , com elementos \hat{f}_j iguais a;

$$\hat{f}_j = f(m_k, p, v_j) - \frac{p}{2} |\Delta d_k|^{\frac{p}{2}-1} \text{sgn}(\Delta d_{Kj}) \Delta m \quad (5)$$

Onde;

$$\Delta m = m - m_k;$$

$sgn(\Delta d_{kj})$ representa o sinal do desvio, e

$$\Delta d_{kj} = v_j - m_k.$$

Minimizando a equação (1) com relação ao parâmetro m obtém-se a equação normal que resolvida, fornece a expressão para atualização do modelo.

$$m = m_k + \frac{\frac{p}{2} \sum |v_j - m_k|^{p-1} sgn|v_j - m_k|}{\sum |v_j - m_k|^{p-2}}. \quad (6)$$

Note que para $p = 2$ a equação (6) fica reduzida a:

$$m = \frac{1}{n} \sum v_j. \quad (7)$$

Esta representa a média aritmética. No caso de $p = 1$ a equação (6) resultante é:

$$m = m_k + \frac{\frac{1}{2} \sum sgn(v_j - m_k)}{\sum |v_j - m_k|^{-1}}. \quad (8)$$

A equação (8) pode ser utilizada para o cálculo da mediana, o que é feito de forma iterativa.

Para $p = 2$, a filtragem é o filtro da média aritmética móvel e, para $p = 1$ representa a filtragem com o filtro mediano. Neste contexto, o filtro terá como parâmetro a largura da janela (L), que representa o número de amostras, e o valor da norma (p). Esta metodologia é aplicada a qualquer tipo de dados de perfilagem, levando em conta as condições ideais da ferramenta.

Resultados

Para testarmos o método, obtivemos da Companhia de Engenharia Rural da Bahia - CERB - um jogo de perfis, realizado em um de seus poços pela HYDROLOG Serviços de Perfilagem Ltda, constando dos perfis de raios gama (GR), potencial espontâneo (SP), normal curta (SN), indução (DIR), sônico (DT) e calíperes (XCAL e YCAL), mostrados na Figura 1. Em cada perfil foram aplicados diversos valores de largura da janela (L) para cada norma L_p indicada anteriormente. As Figuras 2 e 3 mostram a aplicação do método usando o filtro mediano ($p = 1$) e filtro de média aritmética móvel ($p = 2$) respectivamente, associados a janelas com três tipos de largura L (7, 15 e 21) para o perfil de raios gama. A Figura 4 apresenta o resultado da aplicação do filtro mediano associado a três tipos de largura L (7, 15 e 21) para o perfil elétrico indução. A Figura 5 apresenta o resultado da aplicação do método no perfil sônico usando o filtro mediano ($p = 1$) para as mesmas larguras de janela das figuras anteriores.

Conclusões

Diante dos resultados obtidos nas diversas aplicações do método onde foram testadas inúmeras larguras de janela com os filtros mediano ($p = 1$) e média aritmética móvel ($p = 2$), podemos concluir que:

1. Para o perfil de raios gama, a combinação de parâmetros $p = 1$ e $L = 21$, nos fornece boas informações das zonas de contato dos folhelhos e não-folhelhos (Figura 2). Já a combinação $p = 1$ e $L = 7$, detalha melhor as formações geológicas de interesse (Figura 2);

2. Comparando o resultado obtido entre os perfis de raios gama e indução, para a combinação de parâmetros $p = 1$ e $L = 21$, mostra que as camadas de interesse foram bem definidas, uma vez que, a curva de indução mostra com bastante clareza que as camadas de não-folhelhos são mais resistivas que as camadas de folhelhos (Figura 4);
3. Os resultados obtidos com o filtro de média aritmética móvel ($p = 2$) não são tão satisfatórios, pois, em alguns casos atenua e/ou amplifica a amplitude máxima do sinal de entrada para as mesmas larguras de janela que foram aplicadas para o filtro mediano (Figura 5); e
4. De um modo geral, para uma melhor definição das zonas de contato entre os folhelhos e não-folhelhos e detalhamento destas formações, a combinação de parâmetros do filtro mediano e larguras de janela L pequenas apresentam os melhores resultados.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CPGG (Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia), à CERB (Companhia de Engenharia Rural da Bahia), à HYDROLOG e à ANP (Agência Nacional do Petróleo) pelo apoio logístico e financeiro. Milton J. Porsani agradece ao CNPQ.

Referências Bibliográficas

- Porsani, M.J. et. al., 2001. Robust inversion of vertical electrical sounding data using a multiple reweighted least-squares method. *Geophysical Prospecting*, 49, 255-264
- Lima, O.A.L & Nery, G.G. 2003. Notas de aula de Perfilagem Geofísica de Poço - CPGG/UFBA.
- Ransom, R.C. (1995). *Practical Formation Evaluation*

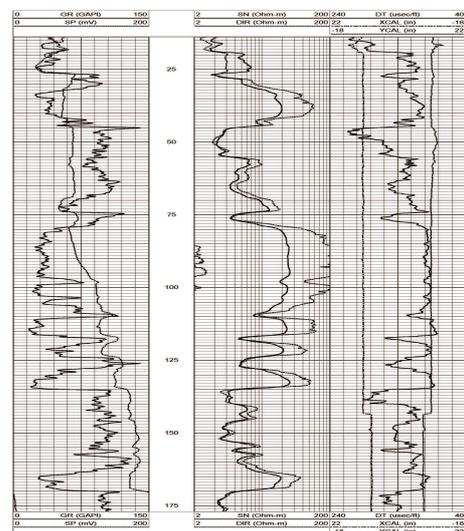


Figura 1: Dados de entrada dos perfis de raios gama, sônico, elétrico(normal curta) e indução.

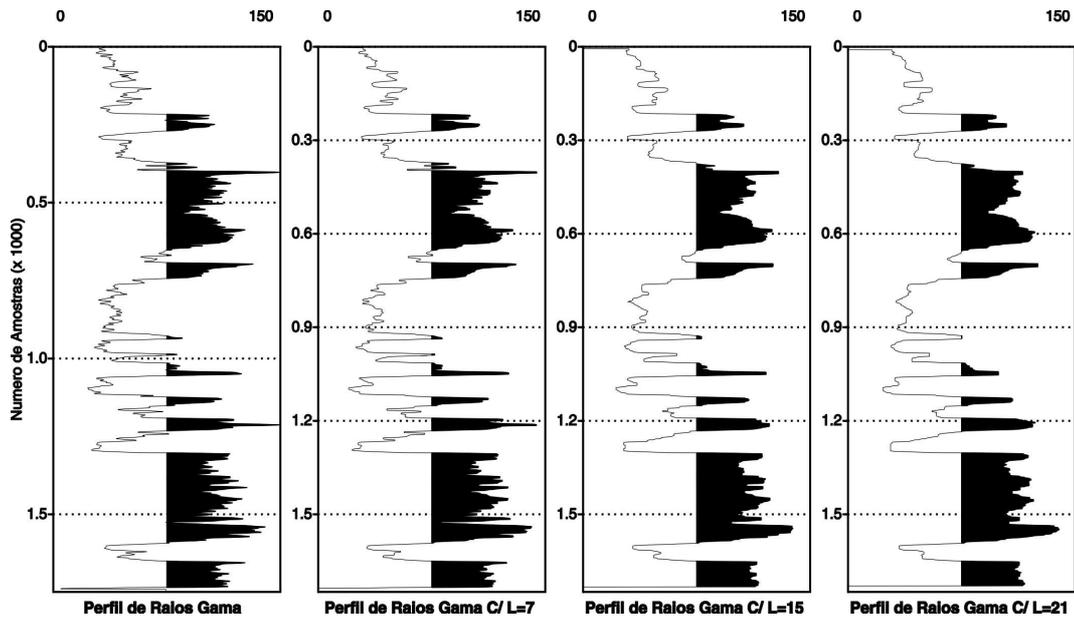


Figura 2: Perfil I de *raios gama*, cuja primeira coluna representa o sinal de entrada com 1750 amostras e amplitude máxima variando entre 0 - 150 GAPI. As outras colunas representam o perfil I de *raios gama* com o filtro mediano para larguras de janela L(7, 15 e 21).

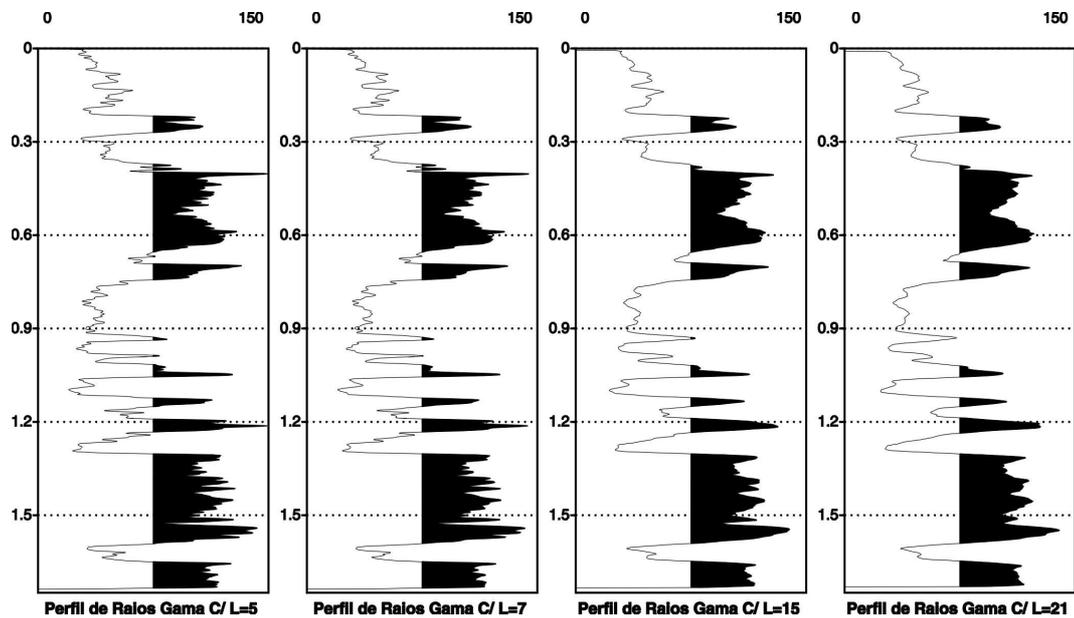


Figura 3: Perfil I de *raios gama*, cuja primeira coluna representa o sinal de entrada com 1750 amostras e amplitude máxima variando entre 0 - 150 GAPI. As outras colunas representam o perfil I de *raios gama* com o filtro de média aritmética móvel para larguras de janela L(7, 15 e 21).

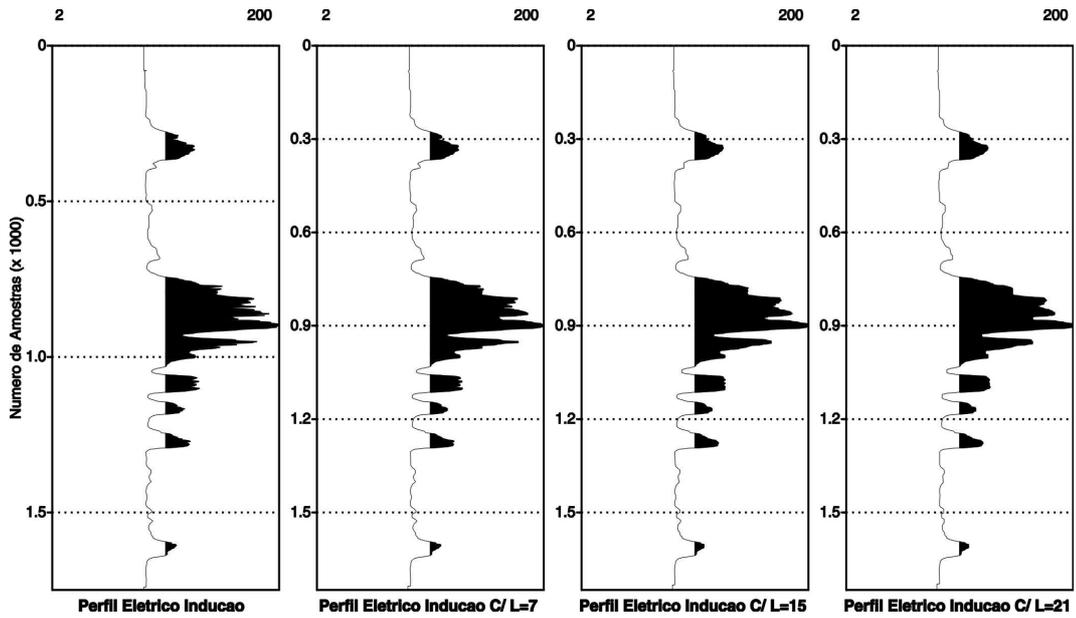


Figura 4: Perfil *Indução* (curva DIR), cuja primeira coluna representa o sinal de entrada com 1750 amostras e amplitude máxima variando entre 2 - 200 Ohm x m. As outras colunas representam o perfil *Indução* com o filtro mediano para larguras de janela L(7, 15 e 21).

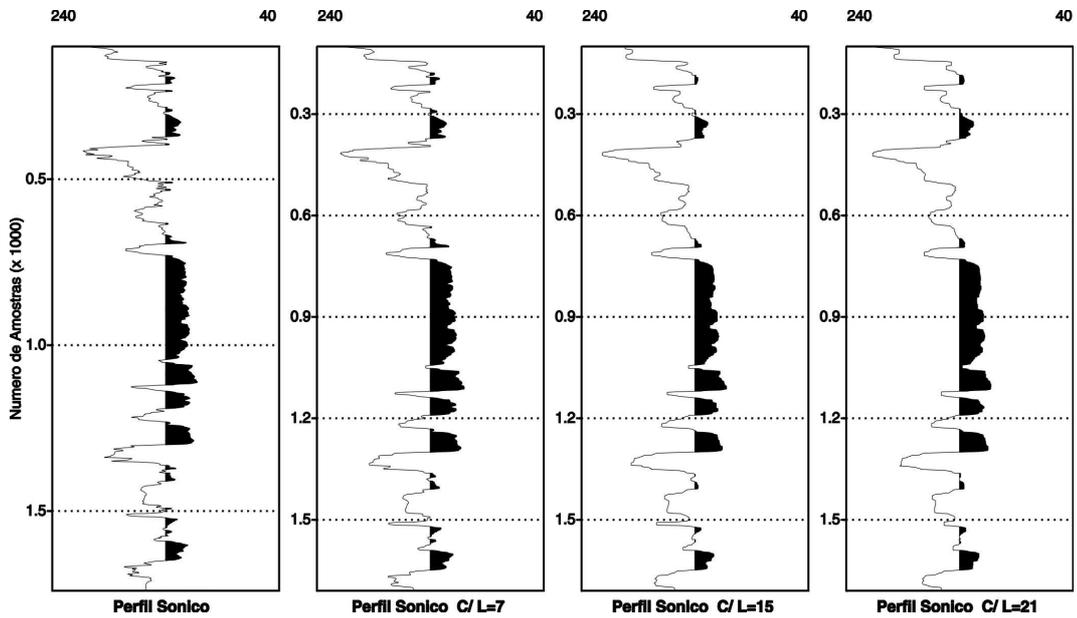


Figura 5: Perfil *Sônico*, cuja primeira coluna representa o sinal de entrada com 1750 amostras e amplitude máxima variando entre 240 - 40 usec/ft. As outras colunas representam o perfil *Sônico* com o filtro mediano para larguras de janela L(7, 15 e 21).