



Identificação de Fácies em Perfis através de Rede Neural Multicamadas

Kivia Gomes, Carolina Barros & André Andrade (UFPA)

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, August 24-28, 2009.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent 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

The increase of oil production in a field is important for the oil industry and dependent of a realistic knowledge of reservoir petrophysical properties, which vary with the change of geological facies

Facies description helps to reduce the misinterpretation in the petrophysical properties and in the oil reserves calculations. The drill coring techniques are made only in a few wells in an oil field causing a sparse detailed facies descriptions and consequently not allowing a more realistic reservoir characterization.

In this work is presented an intelligent algorithm that is able to make the transport of facie information generated by core analysis in one borehole to neighbor logged wells in an oil field, by the project of an artificial neural network, which is trained to map the geological information in terms of physical properties registered in the wireline logs.

The applicability of this methodology is verified using three cored boreholes, drilled in Namorado oil field, Basin of Campos, Brazil. For the cases appraised here, the neural network exhibits results compatible with core analysis and in a way completely independent of the dimension of the training set.

Introdução

A identificação das facies atravessadas por um poço petrolífero é uma das mais importante atividade executada por um geólogo durante a análise de testemunhos (QI & CARR, 2006), mas a descrição geológica de testemunhos para a identificação das facies apresenta um alto fator HH (homem/hora). Na grande maioria dos poços *onshore*, a operação de testemunhagem é rara e a recuperação das amostras de rocha ou testemunhos, durante este tipo de operação, é freqüentemente inferior a 100% (ELLIS, 1987). Por outro lado, a grande maioria dos poços *offshore*, são do tipo horizontal, que são adotados como a forma mais conveniente para o desenvolvimento dos campos marítimos, neste caso a sua geometria não possibilita a realização de operações de testemunhagem.

Considerando a interpretação qualitativa dos perfis geofísicos mensurados em um poço, apenas em um único caso a identificação de facies pode ser

realizada,, quando o poço atravessa uma camada de rocha homogênea, como um evaporito. Neste caso, o perfil de densidade convencional pode identificar esta facie pelo seu particular valor de densidade ($\rho_b = 2.1 \text{ g/cm}^3$). Na grande maioria das situações práticas, este tipo de ocorrência é raro e de pouca importância para a exploração de petróleo.

Apresenta-se neste trabalho uma abordagem para a solução do problema da identificação de uma facie reservatório em um poço não testemunhado, com a utilização de múltiplos perfis geofísicos, na forma de um problema de decisão, através do desenvolvimento de uma estratégia conveniente para o treinamento de uma rede neural direta multicamadas, com a utilização do algoritmo da retropropagação do erro. Busca-se aqui, utilizar a habilidade e a capacidade de generalização da rede neural treinada com o algoritmo da retropropagação do erro para produzir um mapeamento da informação geológica extraída dos testemunhos em termos das medidas de propriedades físicas registradas nos perfis geofísicos de poço aberto e ainda, possibilitar o transporte da informação geológica obtida em poço testemunhado, tomado como referência, para outros poços não testemunhados, perfurados nas vizinhanças ou no mesmo cenário geológico do poço de referência.

A aplicabilidade desta metodologia foi verificada com a utilização dos perfis de raios gama natural (RG), resistividade profunda (RESt), sônico (DELt), densidade (RHOb) e porosidade neutrônica (PHIN) mensurados em três poços testemunhados e perfurados no Campo de Namorado, Bacia de Campos, Brasil.

Metodologia

A solução do problema da identificação de uma facie reservatório em um poço não testemunhado, com a utilização de múltiplos perfis geofísicos de poço aberto é interpretada na forma de um problema de decisão, através do desenvolvimento de uma estratégia conveniente para o treinamento de uma rede neural direta multicamadas, com a utilização do algoritmo da retropropagação do erro, para a produção de um mapeamento da informação geológica extraída do testemunho em termos das propriedades físicas registradas nos perfis.

A identificação de facies é comumente realizada a partir da análise de testemunhos. Tradicionalmente, a identificação de facies provêm da observação direta do testemunho. Na grande maioria dos poços *onshore*, a operação de testemunhagem é rara e a recuperação das amostras de rocha é freqüentemente inferior a 100% (ELLIS, 1987). Além disso, descrição geológica de testemunhos para a identificação das facies apresenta um alto fator HH (homem/hora). Por outro lado, a grande maioria dos poços *offshore*, são do tipo horizontal, que é

o componente fundamental o conveniente desenvolvimento dos campos marítimos e não permite a realização de operações de testemunhagem (Sagaff e Nebrija, 2000).

Quando uma camada de rocha sedimentar não possui porosidade ou é constituída por um único material homogêneo, a identificação da facies através da interpretação dos perfis geofísicos de poço aberto é imediata, como por exemplo, considere o caso de uma rocha evaporítica, como a halita (NaCl). Neste caso, o perfil de densidade é suficiente para diagnosticar presença deste mineral, a partir de seu valor característico de densidade ($2,1 \text{ g/cm}^3$). Infelizmente, os evaporitos não tem interesse como rocha reservatório. As rochas reservatório, importantes para a exploração de fluidos em subsuperfície, apresentam, na grande maioria dos casos, uma constituição mineralógica bastante complexa, como no caso dos arenitos, que na grande maioria das ocorrências, não é composto exclusivamente por quartzo, mas por variadas combinações de quartzo, argilo-minerais, calcário e outros minerais. Assim a identificação de facies através da interpretação de perfis é uma tarefa complexa, onde assume-se que facies diferentes apresentam diferentes propriedades físicas que afetam diferentemente as respostas dos perfis (SERRA, 1985).

A questão pertinente é a da determinação de como as diferentes facies alteram as propriedades físicas registradas nos perfis. A resposta a esta questão é não trivial. A abordagem adotada para responder a esta questão, é a de utilizar uma rede neural treinada para produzir um mapeamento da informação geológica extraída do testemunho em termos das propriedades físicas registradas nos perfis.

O projeto da rede neural envolve três estágios:

- 1- A definição do número de camadas e do modo de interconexão entre elas.
- 2- A definição do número de neurônios em cada camada e as suas respectivas funções de ativação.
- 3- A definição de um conveniente conjunto de treinamento.

A arquitetura da rede neural para a identificação de uma facies reservatório utilizando múltiplos perfis é formada por três camadas. A primeira camada possui um número de neurônios igual ao número de perfis a serem utilizados. Assume-se que foram efetuadas todas as correlações ambientais e que os intervalos dos perfis contêm o trecho testemunhado. A segunda camada é composta por 50 neurônios processadores, com a função sigmóide como função de ativação. A camada de saída é composta por um único neurônio com uma função linear como função de ativação e a cada intervalo de profundidade produzirá uma saída igual a um, quando da identificação da facie reservatório de referência e um valor igual a zero para o caso contrário. Deste modo, como a rede é treinada para produzir um mapeamento da informação geológica extraída do testemunho em termos das propriedades físicas registradas nos perfis de poço, o sinal ideal de saída da rede neural será um vetor binário (0,1), contendo o valor 1(um) exatamente nos intervalos de profundidade correspondentes à ocorrência da facie reservatório de treinamento, e zeros para todos os intervalos de profundidade de não ocorrência desta

facie. Espera-se assim, que seja possível a determinação das espessuras das diversas ocorrências da facie reservatório de referência, tanto no poço de treinamento, quanto nos outros poços do campo petrolífero, que cruzam o mesmo cenário geológico. Espera-se ainda que o processamento da rede neural seja suficientemente robusto, para de forma independente da espessura da facie de treinamento, que define o número de pontos no conjunto de treinamento, a rede neural treinada seja capaz de corretamente identificar a facie reservatório de referência nos outros poços independente das espessuras nas quais elas ocorrem.

O conjunto de treinamento, para a identificação de uma facie reservatório utilizando múltiplos perfis, possui as seguintes características:

- O conjunto de estímulos é formado por um intervalo de profundidade para todos os perfis, tal que contenha o intervalo testemunhado da facie reservatório de referência, na forma de uma matriz em que cada linha corresponda a um tipo perfil e cada coluna corresponda aos valores das propriedades físicas mensuradas em cada ponto de profundidade do poço, no intervalo de profundidades adotado.
- O conjunto de respostas desejadas é formado por um vetor binário de mesma dimensão da linha da matriz de estímulos, no qual o valor um indica a ocorrência da facie reservatório de referência e o valor zero, a sua ausência.

A arquitetura da rede neural aqui utilizada é mostrada na Figura 1.

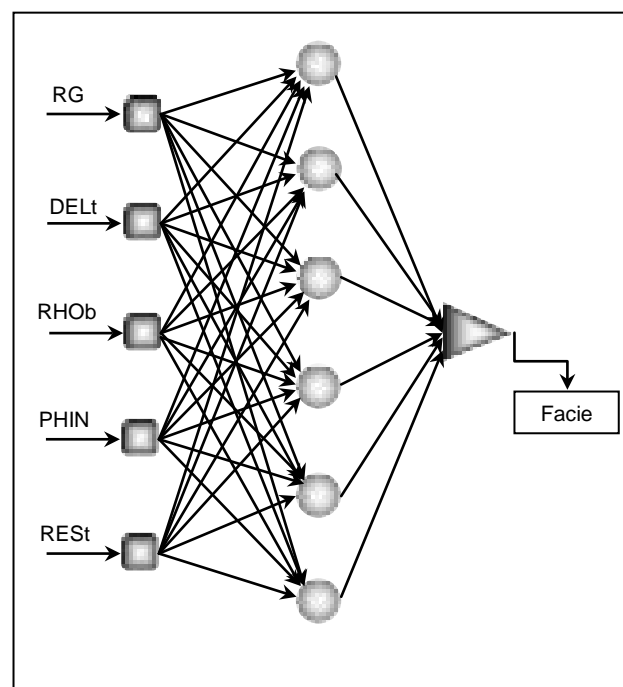


Figura 1 – Arquitetura da rede neural

Resultados

A aplicação da rede neural aqui apresentada ocorrerá com a utilização de cinco perfis, que são raios gama natural (RG), resistividade profunda (RES), Perfil Sônico (DELt), perfil de densidade (RHOb) e o perfil de porosidade neutrônica (PHIN), registrados em 3 poços offshore perfurados na bacia de campos Brasil. Estes poços foram testemunhados e cruzam uma camada de arenito (arenito médio gradado) tomado como fácies reservatório de referência. O poço, aqui denominado como, Poço-A é tomado como poço de referência para o treinamento da rede. Na Figura 2 mostra-se o conjunto de perfis tomado no Poço-A. A fácies de referência é destacada pelo sombreado em azul. Na Figura 3 apresenta-se a descrição faciológica do Poço-A determinada pela análise de testemunho. Apresenta-se ainda o perfil de raio gama natural de modo a possibilitar a interpretação da fácies de referência mostrada na Figura 2.

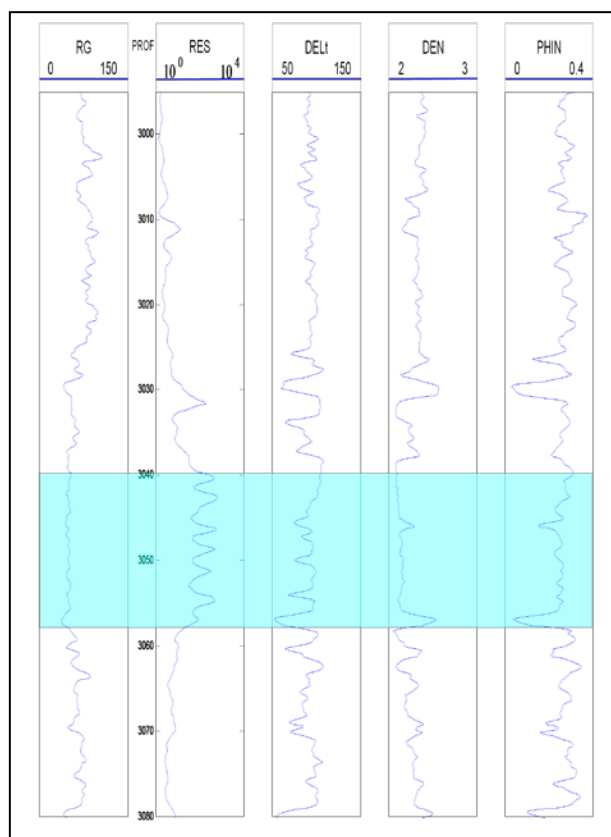


Figura 2 – Perfis convencionais do Poço-A

O intervalo de 3.020m a 3.048m de profundidade do Poço-A foi tomado como o intervalo de treinamento e mostrado na Figura 4 pelo sombreado em azul. Este intervalo de profundidade define a matriz de estímulos para o treinamento e o número de colunas define a dimensão do vetor binário de respostas desejadas.

A primeira avaliação do comportamento da rede neural treinada ocorre com a apresentação de todo o trecho perfilado do Poço-A. A Figura 5 apresenta o

resultado da aplicação da rede neural. A Figura 5-A mostra o perfil de raio gama natural do trecho perfilado do Poço-A. A figura 5-B mostra a resposta da rede treinada para todo o trecho perfilado Poço-A. Observa-se que a rede incluiu a parte basal da fácies reservatório, não incluída no intervalo de treinamento. A espessura da fácies reservatório, definida pela rede neural é condizente com a espessura desta fácies no testemunho. A figura 5-C mostra o perfil de raio gama destacando em vermelho a ocorrência da fácies reservatório. Para a avaliação da capacidade de transporte da informação geológica extraída do poço A através do mapeamento da informação geológica produzida pela análise de testemunho em valores de propriedades físicas registrados nos perfis realizados pelo treinamento da rede neural para outros poços, que em uma aplicação prática seriam não testemunhados ou ainda para a verificação da geometria de poços horizontais no interior da camada reservatório.

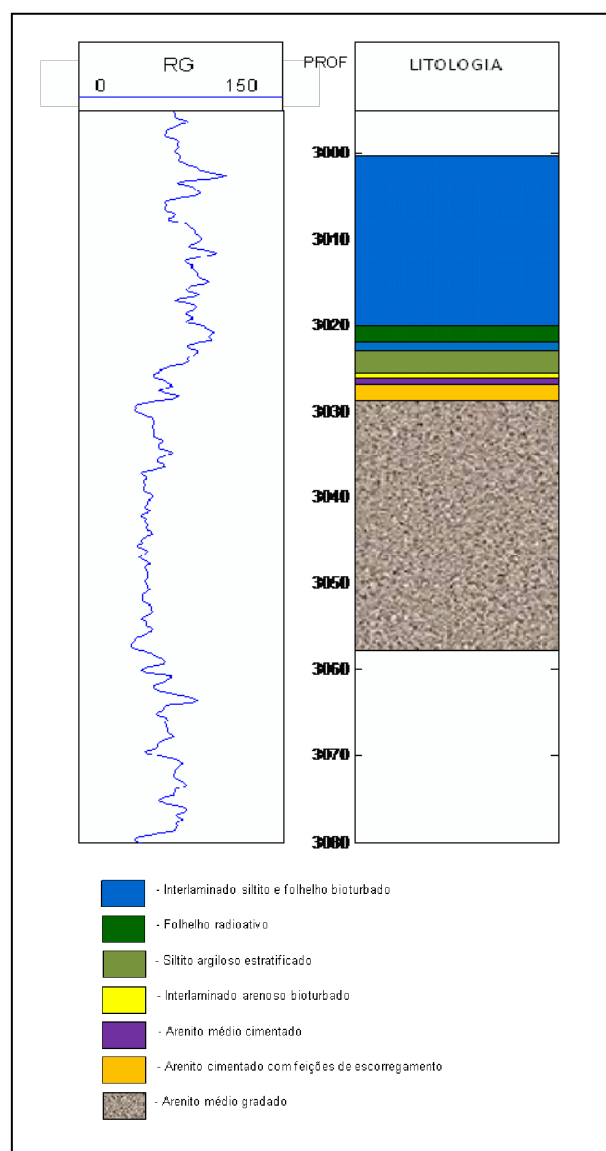


Figura 3 – Descrição das facies do Poço-A.

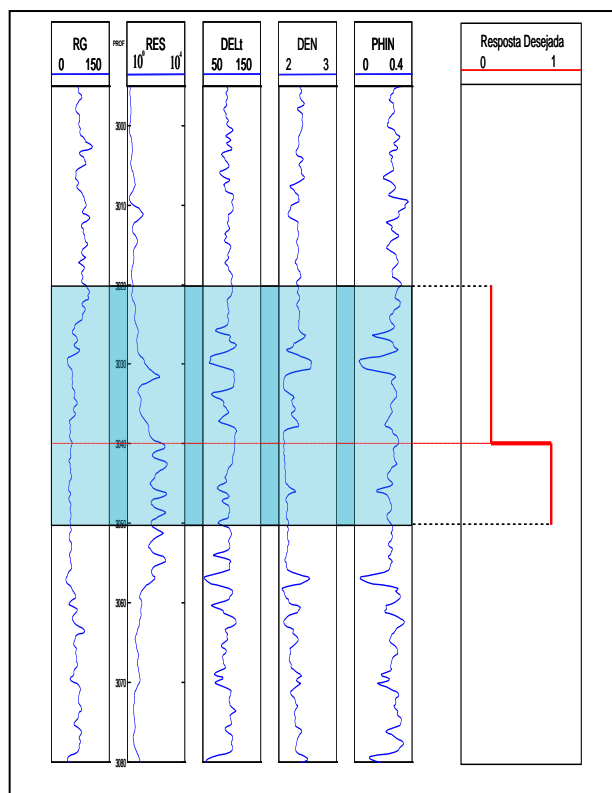


Figura 4 – Perfis convencionais do Poço-A. O sombreado em azul marca o intervalo de treinamento.

Conclusões

O principal produto da avaliação geológica dos testemunhos é a descrição de fácies, que é fundamental para a produção da carta estratigráfica de uma bacia sedimentar e para a produção do modelo geológico do sistema petrolífero. No entanto estas importantes atividades para a exploração do petróleo são restritas aos poços testemunhados. A ausência e ou a dispersão de poços testemunhados ao longo da área superficial de um reservatório implicam na impossibilidade da utilização direta das informações geológica produzidas nesses poços. A alternativa para contornar esta importante restrição é a utilização dos perfis geofísicos de poço aberto, e ainda, para a geofísica de poço, o conhecimento das fácies atravessadas pelo poço, cuja a importância reside na dependência entre as fácies e as propriedades físicas registradas nos perfis conduz conseqüentemente uma avaliação de formação e a um cálculo de reservas mais realista.

Mostrou-se aqui, a capacidade da rede neural treinada com o algoritmo da retropropagação do erro de produzir um mapeamento da informação geológica extraída dos testemunhos com as medidas de propriedades físicas registradas nos perfis geofísicos de poço aberto e de possibilitar o transporte da informação geológica obtida em poço testemunhado para outros poços não testemunhados, perfurados nas vizinhanças do poço de referência.

A aplicabilidade desta metodologia foi verificada com a utilização de dois poços testemunhados e não utilizados no processo de aprendizagem da rede. Para os casos aqui avaliados a rede neural apresentou resultados compatíveis com a análise de testemunho e de forma completamente independente da dimensão do conjunto de treinamento.

Uma das extensões naturais desta metodologia é a produção de seções estratigráficas e seções estruturais através da correlação de perfis poço a poço, que pode auxiliar na prospecção de petróleo principalmente com a identificação de possíveis armadilhas do tipo estratigráficas.

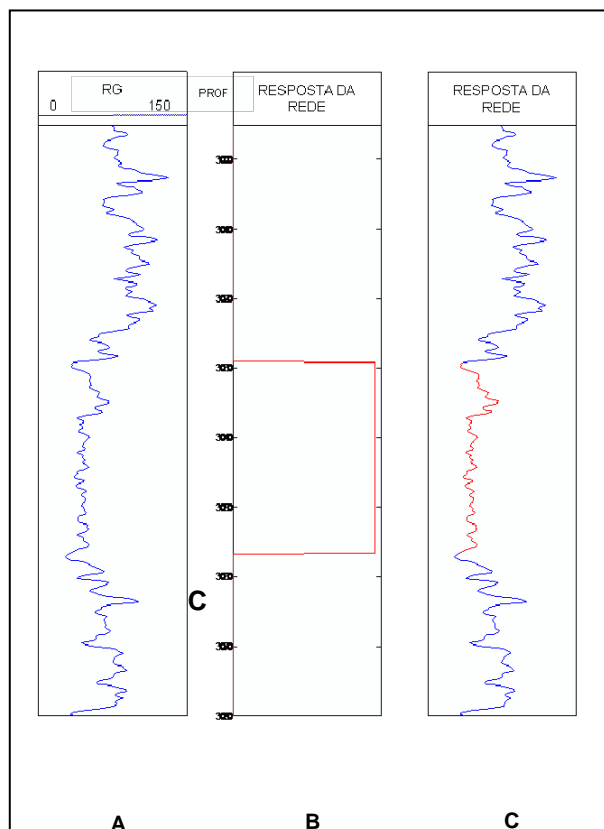


Figura 5 – Identificação da facie de referência pela rede neural.

Agradecimentos

Os autores expressam seu agradecimentos pelo apoio financeiro a este trabalho ao Convênio UFPA/ANP/PRH-06.

Referências Bibliográficas

ELLIS, D. V.; Well logging for earth scientists. USA, Elsevier. 1987.

HAYKIN, S.; Redes neurais: princípios e práticas. São Paulo, Bookman. 2001.

HECHT-NIELSEN, R. Kolmogorov's mapping neural network existence theorem. In: IEEE International Conference on Neural Networks, 1. V. 3, p. 11-14. 1987.

LUTHI, S.; Geological well logs: their use in reservoir modeling. Springer. 2001

QI, L.; CARR, T. R.; Neural network prediction of carbonate lithofacies from well logs, Big Bow and Sand Arroyo Creek fields, Southwest Kansas [artigo científico]. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/cageo> Acesso em 14 fev 2006.

SERRA, O.; Fundamentals of Well Log interpretation. Vol. 1. The Acquisition of Logging Data. [S.l.] – Schlumberger. 1984.

SERRA, O.; Sedimentary environments from Wireline logs. [S.l.] – Schlumberger. 1985.

SUGUIO, K. . Rochas Sedimentares: Propriedades, Gênese e Importância Econômica. São Paulo, SP: Editoras Edgard Bucher