



GPR aplicado ao estudo de Reservatórios Análogos. Estudo de caso em Cordões Litorâneos do Delta do Rio Itapemirim (ES), Resultados Preliminares

Glauco M. Sousa*, Paulo T. L. Menezes Jorge C. Della Fávera, Marco A. M. Medeiros – FGEL/UERJ

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility 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 (Font: Arial Bold, 9)

Clastic reservoirs analogues based on the interpretation of GPR data provide valuable definitions of geometric and petrophysical heterogeneities of sedimentary sequences at scales that allow dissection of the 3-D anatomy of clastic depositional systems.

Five 2D GPR lines were acquired at Rio Itapemirim deltaic deposits. Data shows two main sedimentary facies: foreshore and backshore. The foreshore geometry is characterized by horizontal bedding; and the backshore facies by gently dipping beds.

Introdução

Rochas clásticas e carbonáticas constituem grande parte dos reservatórios de petróleo no mundo. Dentre as rochas clásticas, os arenitos formam os reservatórios de petróleo mais comuns, encontrados principalmente em reservatórios turbidíticos (Della Fávera, J.C. 2001).

Sedimentos de origem deltáica, objeto do presente estudo, também formam potenciais rochas reservatórios, em virtude das ótimas condições de permeabilidade encontrada nesses sedimentos. O retrabalhamento das ondas, das marés e, também, pela ação fluvial são os principais fatores de condicionamento de permeabilidade (Della Fávera, J.C. 2001).

O estudo de reservatórios é de suma importância para a indústria do petróleo, pois visa dissecar a anatomia dos poros e suas interconexões porque estes regulam a porosidade e permeabilidade.

Dentre as principais ferramentas para o estudo de reservatórios, destaca-se, em especial, a sísmica de reflexão e geofísica de poço (Wang et al., 1998). Na sísmica de reflexão é possível delinear, dentre uma série de aspectos: a arquitetura deposicional do preenchimento de uma bacia; e estruturas que podem trapear um reservatório de petróleo.

A geofísica de poço engloba várias diferentes metodologias como por exemplo o potencial espontâneo (SP), a resistividade e perfis de raio gama. Esses métodos são normalmente utilizados em conjunto para ajudar na descrição da litologia, no estudo do ambiente

deposicional e, também, na identificação dos horizontes geradores de petróleo, como acontece nos perfis de raio gama.

Outra abordagem interessante e muito utilizada atualmente para a compreensão dos parâmetros que influenciam na produtividade de um reservatório de petróleo diz respeito ao estudo de reservatórios análogos. A grande vantagem desse tipo de abordagem é fornecer informações sobre a distribuição espacial das propriedades petrofísicas que controlam as acumulações de petróleo em uma escala de detalhe, o que nem sempre é possível obter-se através da interpretação sísmica.

O Radar de Penetração no Solo ou GPR (Annan e Cosway, 1992) constitui uma poderosa ferramenta no estudo de análogos. O GPR é um método geofísico baseado na emissão e recepção de ondas eletromagnéticas de altíssima frequência destinado a investigações rasas, permitindo uma visualização detalhada das camadas mais próximas à superfície. O seu crescente uso deve-se ao seu fácil manuseio, pois é um equipamento leve e portátil, sua rápida aquisição de dados e principalmente a sua altíssima resolução. Dados de GPR quando aliados a dados estratigráficos e sedimentológicos fornecem acurados modelos de reservatórios que servem para a realização de simulações numéricas que auxiliam na previsão da performance dos campos (McMechan et al., 1997) e também no desenvolvimento de modelos de fluxo de fluidos dentro dos reservatórios.

O objetivo do presente trabalho é caracterizar a geometria e as estruturas dos cordões litorâneos, localizados no Município de Marataízes (ES), utilizando o GPR. Esses cordões litorâneos, que se encontram paralelos à atual linha da costa, estão associados à formação do delta do rio Itapemirim e estiveram sob influência das variações do nível do mar no período do Pleistoceno até o início do Holoceno (CPRM, 1993).

Área de estudo

A área de estudo localiza-se no litoral sul do Estado do Espírito Santo, no Município de Marataízes. A área compreende cordões litorâneos (Figura 1), de idade Quaternária (Suguio, 1981), formados no delta do rio Itapemirim pelo retrabalhamento dos seus sedimentos pelas ondas, formando corpos arenosos paralelos à linha de costa com geometria em forma de lençol ou "sheet-like".

Os cordões litorâneos antigos a atuais recobrem apreciável faixa descontínua na costa do Espírito Santo, principalmente entre as cidades de Marataizes e Guarapari. Os sedimentos litorâneos que compõem esses cordões são constituídos por areias marinhas bem selecionadas, argilas e areias monazíticas, sendo essas últimas comuns nas praias do litoral capixaba.

O complexo deltáico do rio Itapemirim é constituído por um conjunto de ambientes sedimentares relacionados principalmente às fases de progradação costeira.

Levantamento GPR

A metodologia utilizada neste trabalho foi resumida em quatro principais etapas que envolveram a seleção da área, aquisição de dados GPR, processamento básico dos dados e a interpretação dos sistemas deposicionais.

O levantamento GPR foi precedido por levantamento eletroresistivimétrico utilizando sondagens elétricas (SE). Tal abordagem permitiu a estimativa dos valores de resistividade do substrato e também a determinação da profundidade do lençol freático na região (5 m de profundidade). Essa informação foi utilizada para a definição da antena de 100 Mhz, pois esta apresentaria a melhor relação resolução versus profundidade de investigação quando comparada com a antena de 50 MHz.

O método GPR se baseia na emissão de ondas eletromagnéticas por uma antena transmissora (Tx) e na recepção dessas ondas por uma antena receptora (Rx) que são refletidas nas diferentes interfaces com propriedades eletromagnéticas distintas.

A profundidade de investigação do método GPR é dependente da frequência da antena utilizada e das propriedades elétricas do meio em que a onda eletromagnética propaga, sendo os seus melhores resultados obtidos em terrenos eletricamente resistivos, como areias secas.

A aquisição dos dados foi feita com o equipamento RAMAC/GPR da MALA GeoScience utilizando o software Ground Vision. Foram coletadas três linhas Oeste-Leste (ortogonais à linha de praia e aos cordões investigados) e duas linhas Norte-Sul (paralelas à linha de praia). As antenas transmissoras e receptoras foram mantidas separadas a uma distância fixa de 1 metro. As medidas ao longo das linhas foram coletadas em intervalos de 20 centímetros. A janela de tempo de amostragem utilizada foi de 512 ns.

A título de ilustração apresentamos na Figura 2 o radargrama para uma das linhas ortogonais aos sedimentos estudados. Esta linha é representativa para todo o conjunto de dados.

Foi realizado um processamento básico dos dados utilizando o software de processamento sísmico baseado no pacote *Seismic Unix (SU)*, CWP, da Colorado School of Mines, que pode ser obtido através do endereço www.cwp.mines.edu/cwpcodes/index.html.

A primeira etapa de processamento envolveu a transformação de formato dos arquivos de dados (ramac) para o formato SU (padrão do software utilizado). O processamento preliminar constou de edição de dados, remoção do “dewow”, ajuste ao tempo zero (timezero) e amplificação por ganho SEC.

Discussões

Através da interpretação estratigráfica dos radargramas adquiridos, foi possível observar dois ambientes de praia distintos: foreshore (antepraia) e backshore (pós-praia).

As estruturas sedimentares formadas em um ambiente de foreshore são representadas por estratificações plano-paralelas de médio a baixo ângulo mergulhando em direção a praia (fácies A, Figura 2b). Essas estruturas possuem uma variação de mergulho nas seções perpendiculares às cristas dos cordões litorâneos devido a uma provável migração do eixo do rio como resposta o entulhamento da sua área de deposição (Figura 2b).

O ambiente backshore é representado por estruturas plano-paralelas horizontais a subhorizontais (fácies B, Figura 2b) encontrada nos níveis de profundidade mais rasos. Os sedimentos da fácies B e os sedimentos da fácies A relacionam-se por uma discordância angular.

O forte refletor traçado no radargrama L2 (Figura 2b) pode corresponder ao máximo transgressivo holocênico (5.100 A.P.) que separa os sedimentos da fácies B dos sedimentos transgressivos subjacentes. Nos sedimentos transgressivos subjacentes não foi possível identificar um padrão estrutural definido.

Analisando os radargramas coletados, pode-se dizer que os cordões litorâneos do delta do rio Itapemirim estão em um contínuo processo de progradação, pois observar-se fácies de praia mais distais (backshore) sobrepostas a fácies de praia mais proximais (foreshore) indicando um avanço de linha de costa.

Conclusões

Neste trabalho utilizamos o método GPR para investigação da estrutura interna de sistemas deltaicos. Utilizamos depósitos deltaicos recentes do Rio Itapemirim.

Os dados GPR coletados ao longo de perfis 2D mostram estruturas sedimentares compatíveis com resolução métrica a sub-métrica. A análise preliminar dos dados GPR permitem definir dois ambientes de praia distintos: foreshore e backshore, separados entre si por uma proeminente discordância angular.

O ambiente forshore é caracterizado por estratificações plano-paralelas de médio a baixo ângulo que mergulham no sentido leste. Foram observadas variações no perfis GPR oeste-leste (perpendiculares às cristas dos atuais cordões litorâneos) indicando uma provável migração do

eixo do rio como resposta ao entulhamento da sua área de deposição.

O ambiente backshore é caracterizado por estruturas plano-paralelas horizontais a subhorizontais situada em níveis estartigráficos superiores.

Referências

- Annan, A.P. & Cosway, S.W., 1992, Ground Penetrating Radar Survey, Design, Annual Meeting of SAGEEP, Chicago, April, 26-29.
- CPRM. 1993. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil –*Folha Piúma SF. 24-V-A-VI* (1:100000). CPRM, Brasília, 163p.
- Della Fávera, J. C. Fundamentos de estratigrafia moderna. EdUERJ, 2001, 264p, Rio de Janeiro.
- Mcmechan, G. A., Gaynor, G. C., Szerbiak, R.B. Use of ground-penetrating radar for 3-D sedimentological characterization of clastic reservoir analogs. *Geophysics*, v. 62, n. 3, p. 786-796, 1997.
- Suguio, K. 1981. Roteiro de Excursão Geológica a região do Complexo Deltáico do Rio Paraíba do Sul (Rio de Janeiro), *IV Simpósio do Quaternário no Brasil, Rio de Janeiro*, 88p.

Agradecimentos

Ao programa de Recursos Humanos ANP PRH-17 que patrocina este projeto.

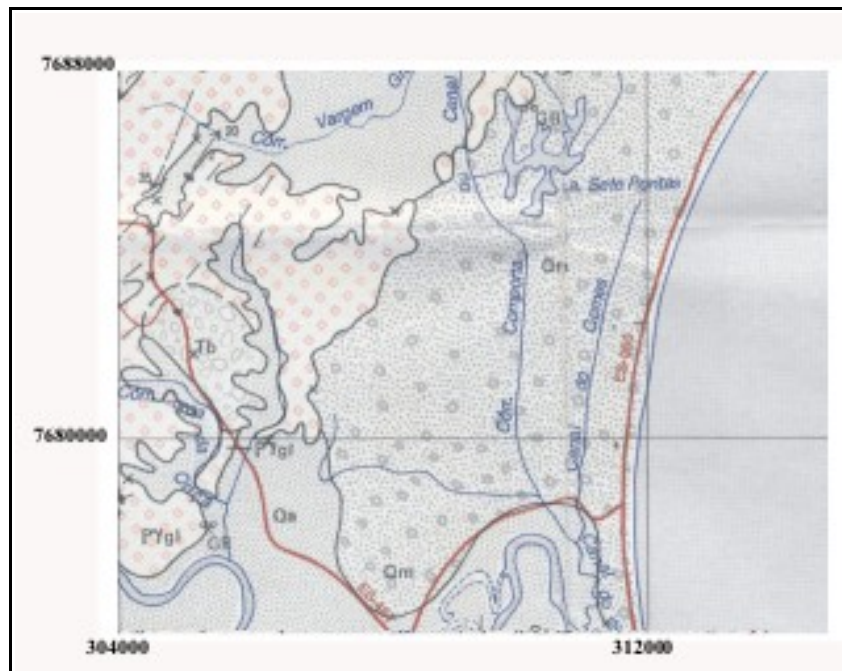
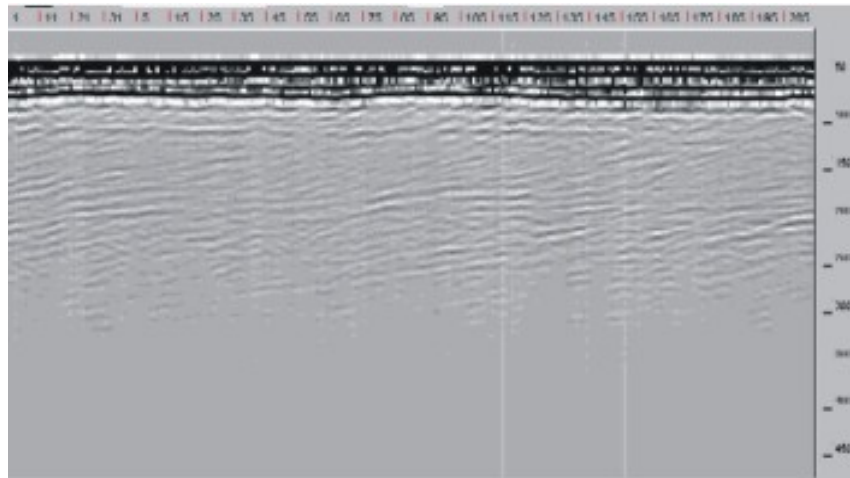
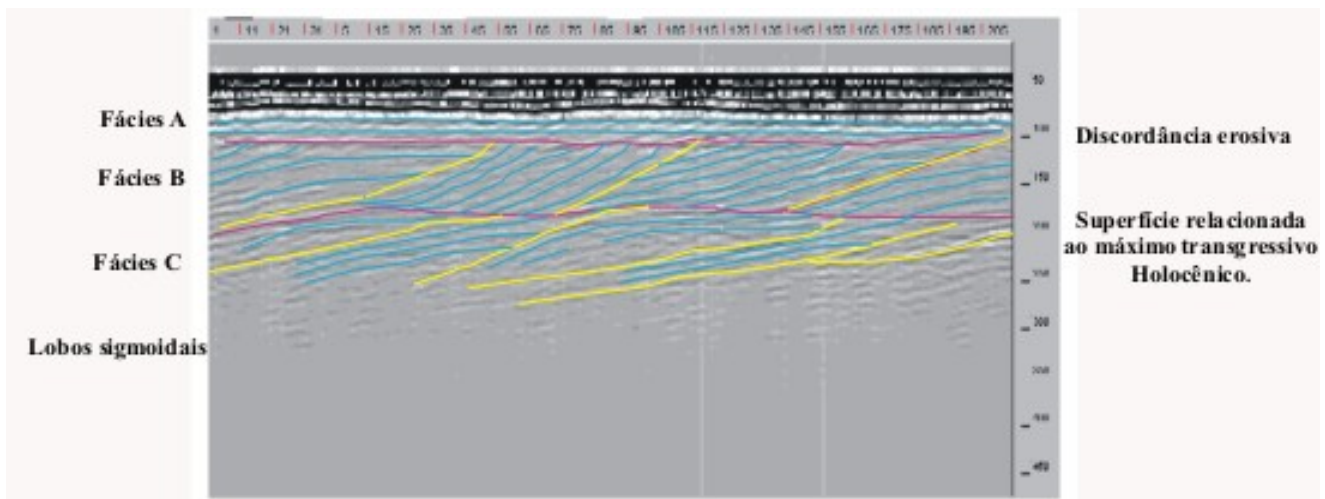


Figura 1: Mapa geológico da área (CPRM, 1993) mostrando a localização da área (área hachurada). Legenda: Qm- Sedimentos litorâneos, Qa – Sedimentos Aluvionares, Tb – Grupo Barreiras, Pygl – Ortognaisses Granulíticos. Escala 1: 100.000



(a)



(b)

Figura 5: Radargrama da linha L2; a) não interpretado; b) interpretado. As linhas em vermelho representam as principais discordâncias que separam fácies distintas, as linhas amarelas são os limites das seqüências dentro de cada fácies e as linhas azuis representam os diferentes estratos em uma mesma seqüência.