



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Geologia

Rafael Cremonini Baptista

Integração de dados geofísicos de poços e geoquímicos na avaliação do potencial gerador dos folhelhos betuminosos da Formação Tremembé, Bacia de Taubaté

Rio de Janeiro

2012

Rafael Cremonini Baptista

Integração de dados geofísicos de poços e geoquímicos na avaliação do potencial gerador dos folhelhos betuminosos da formação Tremembé, Bacia de Taubaté

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Análise de Bacias.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Bergamaschi

Rio de Janeiro

2012

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

B222 Baptista, Rafael Cremonini.
 Integração de dados geofísicos de poços e geoquímicos na
 avaliação do potencial gerador dos folhelhos betuminosos da
 Formação Tremembé, Bacia de Taubaté. / Rafael Cremonini
 Baptista. – 2012.
 85f. : il.

 Orientador: Sérgio Bergamaschi.
 Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de
 Janeiro, Faculdade de Geologia.
 Bibliografia.

 1. Geologia estratigráfica - Cenozóico - Teses. 2.
 Geoquímica – Taubaté, Bacia de (SP) - Teses. 3. Xistos
 oleoginosos – Taubaté, Bacia de (SP) - Teses. I. Bergamaschi,
 Sérgio. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
 Faculdade de Geologia. III. Título.

CDU 551.77(815.6)

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese.

Assinatura

Data

Rafael Cremonini Baptista

Integração de dados geofísicos de poços e geoquímicos na avaliação do potencial gerador dos folhelhos betuminosos da formação Tremembé, Bacia de Taubaté

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Análise de Bacias.

Aprovada em 31 de agosto de 2012.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Sérgio Bergamaschi (Orientador)
Instituto de Geociências - UERJ

Prof. Dr. Egberto Pereira
Instituto de Geociências - UERJ

Dr. Marcus Vinicius Berao Ade
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Rio de Janeiro

2012

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Marco Antônio e Cláudia pela força e motivação dada. Aos meus irmãos Daniel, Raquel, Yael, Mabel e Gabriel pelos incentivos. A minha namorada Juliana pela sua paciência e compreensão. Dedico ainda a cada familiar e amigo que direta ou indiretamente me apoiaram nesta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Expresso minha gratidão ao meu orientador Dsc Sérgio Bergamashi, que contribui para o esclarecimento, desenvolvimento e aperfeiçoamento no decorrer da realização desta dissertação de forma tranquila, permitindo minhas próprias conclusões e criticando-as, quando necessário para o progresso do meu conhecimento.

Muito Obrigado ao mestrando José Luna e ao Prof. Fábio Perosi do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), por compartilharem os dados de perfilagem aqui estudados.

Agradeço aos professores, alunos e funcionários do curso de pós graduação em Análises de Bacias e Faixas Móveis da Universidade do Estado do Rio de Janeiro pelo apoio no decorrer do curso.

Aos amigos da Baker Hughes: Armando, Fabrício, Hare, Fininho, Jennifer, Sandro e Jaqueline pelo incentivo e ajuda. Não podem ser esquecidos nenhum dos colegas do CoPilot e Geociências da Baker Hughes, que contribuíram de alguma forma com a realização de todas as etapas do curso.

Agradeço a Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Óleo e Gás- Jazidas Não Convencionais (INOG) (CNPq/FAPERJ/UERJ) e a Baker Hughes do Brasil que concederam os recursos materiais e didáticos necessários para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

BAPTISTA, Rafael Cremonini. *Integração de dados geofísicos de poços e geoquímicos na avaliação do potencial gerador dos folhelhos betuminosos da formação Tremembé, Bacia de Taubaté*. 2012. 85 f. Dissertação (Mestrado em Análise de Bacias e Faixas Móveis) - Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

Nos depósitos cenozóicos da Bacia de Taubaté são encontrados depósitos de folhelhos betuminosos (oleígenos) pertencentes à Formação Tremembé, de idade oligocênica, que durante alguns anos na década de 50 foram investigados com relação ao seu aproveitamento econômico através da extração industrial do óleo nele contido. Entretanto, em face de aspectos tecnológicos e conjunturais da época, esse aproveitamento industrial foi considerado inviável do ponto de vista econômico. Nesta dissertação é proposta uma aplicação da perfilagem geofísica para a caracterização da faciologia dos folhelhos betuminosos da Formação Tremembé, tendo como objetivo principal a identificação das eletrofácies nos perfis elétricos, através de uma metodologia robusta e consistente. A identificação de eletrofácies é importante para ajudar na determinação da caracterização de uma reserva não convencional e na análise da viabilidade econômica. Neste estudo foram utilizados os perfis convencionais de poço: Raio gama, resistividade, potencial espontâneo e sônico. Os dados de perfis de poços foram integrados com os testemunhos e dados geoquímicos, mais precisamente os dados de COT, S, IH, S2 para uma caracterização realística das eletrofácies. Os dados foram obtidos a partir de três sondagens rotativas realizadas na Bacia de Taubaté, resultantes de testemunhagem contínua e perfilagem a cabo ao longo do intervalo de folhelhos da Formação Tremembé. A partir disto, obtém-se como resposta um modelo específico para cada litologia, onde cada pico corresponde a uma eletrofácies, permitindo o estabelecimento de alguns padrões ou assinaturas geofísicas para as principais fácies ocorrentes. Como resultado deste trabalho, foi possível correlacionar as eletrofácies entre os poços numa seção modelo, a partir de similaridade lateral das eletrofácies entre os marcos estratigráficos representado, foi possível observar a continuidade de duas sequências de folhelhos betuminoso com alto teores de COT, S, IH, S2, considerados os mais importantes do ponto de vista econômico e gerado um modelo faciológico 2D e 3D dessas camadas. Os resultados obtidos neste trabalho são bastante promissores, apontando para a possibilidade de aplicação desta técnica a outros poços da Bacia de Taubaté, fornecendo subsídios relevantes à determinação da evolução sedimentar.

Palavras-chave: Formação Tremembé. Bacia de Taubaté. Perfilagem Geofísica. Geoquímica Orgânica. Unidades Químioestratigráficas.

ABSTRACT

At the Cenozoic deposits in the Taubaté Basin are found deposits of bituminous shale (oil Shale) belonging to Tremembé Formation, Oligocene, which for some years in the 50s were investigated with respect to its economic exploitation by the industrial extraction of oil contained therein. However, in the face of technological issues and conjuncture of this time, the industrial use was considered unfeasible economically. This dissertation proposed an application of geophysical Well Log for the faciology characterization of bituminous shale in Tremembé Formation, having as main objective the identification of electrofacies on electric logs, through a robust and consistent methodology. The identification of electrofacies is important to help determine the characterization of an unconventional reserves and economic viability analysis. In this study we used the conventional Well Logs: Gamma Ray, resistivity, spontaneous potential and sonic. Data from well logs were integrated with the core and geochemical data, specifically data from TOC, S, IH, S2 for a realistic characterization of electrofacies. Data were obtained from three Wells in Taubaté Basin, resulting from continuous coring and wireline log along the Tremembé Formation shales. From this response is obtained as a model for each lithology, where each peak corresponds to an electrofacies, allowing the establishment of some patterns geophysical for the main facies occurring. As a result of this study, it was possible to correlate the electrofacies between wells in a section model, from sideways similarity of electrofacies between the represented marks stratigraphic. It was possible to observe the continuity of two sequences of bituminous shales with high TOC, S, IH, S2, which are considered the most important of point of economic view, and generated a 2D and 3D facies model of these layers. The present results are very promising, pointing to the possibility of applying this technique to other wells in the Basin Taubaté, providing subsidies relevant to the determination of sedimentary evolution.

Keywords: Tremembé Formation. Taubaté Basin. Well Logs. Organic Geochemistry. Unidades Químioestratigráficas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Mapa de localização da Bacia de Taubaté (Retirado de Carvalho, 2010).....	18
Figura 2 -	Perfil gravimétrico modelado (região de Taubaté). Fonte:Fernandes (1993).....	19
Figura 3 -	Seção sísmica dip no compartimento Taubaté. Fonte: Fernandes (1993).....	20
Figura 4 -	Mapa de distribuição dos quatro riftes do SRCSB: (A) Paraíba do Sul, (B) Litorâneo, (C) Ribeira, e (D) Marítimo; de suas falhas limitantes, preenchimentos sedimentares, intrusões/ lavas alcalinas, charneira cretácea das bacias de Santos/Campos e o Rio e o Rio Paraíba do Sul - Fonte: Zalán & Oliveira (2005).....	21
Figura 5 -	Fases de evolução tectônica do Rift Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini, 1989).....	22
Figura 6 -	Perfil morfo-estrutural do Rift do Paraíba do Sul - Fonte Zalán & Oliveira (2005).....	23
Figura 7 -	Coluna estratigráfica para o seguimento Central do RCSB. Fonte: Riccomini et al. (2004).....	25
Figura 8 -	Evolução sedimentar da Formação Resende e Tremembé; S -subsidiência, I -largura (Riccomini, 1989).....	26
Figura 9 -	Modelo deposicional proposto por Sant'Anna (1999). Fonte: Riccomini et al. (2004).....	28
Figura 10 -	Modelo deposicional proposto para a Formação Tremembé por Torres-Ribeiro (2004): leques aluviais da Formação Resende (A), com leque deltaico (A1) e lobos deltaicos distais (A2); planície lamosa/paludal (B) com canais rasos (B1) e lago com nível d'água variável, ora recobrando a planície lamosa ora expondo o substrato, onde se desenvolvem gretas-de-contração. Eventuais fluxos gravitacionais distais recobriam essa planície exposta. Fonte: Torres-Ribeiro (2004).....	29
Figura 11 -	Foto de Satélite mostrando a localização dos Poços - Google Earth.....	31
Figura 12 -	Sonda Rotativa Mach 920 na perfuração do poço MOR-1-SP.....	32
Figura 13 -	Retirada de testemunho no poço MOR-1-SP.....	33
Figura 14 -	Modelo de Eletrofácies - modificado de Serra. (1986).....	34
Figura 15 -	Deflexão da curva de SP diante das litologias permeáveis. Fonte: Schlumberger (1960).....	36
Figura 16 -	Princípio da ferramenta de raios gama, onde a radioatividade natural passa por um cintilômetro capaz de emitir fóton, que é detectado por um fotomultiplicador produzindo um impulso elétrico e transformado em uma curva (Fonte: Schlumberger (1960).....	37

Figura 17 -	Desenho esquemático da Ferramenta de Raios Gama - Robertson Geologging	38
Figura 18 -	Desenho esquemático da ferramenta a cabo de Resistividade elétrica - Robertson Geologging	39
Figura 19 -	Princípio básico das ferramentas a cabo de resistividade elétrica de poço. As correntes elétricas passam através dos eletrodos dos patins para dentro da formação. A medida atual é gravada em detector remoto. Fonte: Schlumberger (1960)	40
Figura 20 -	Sistema básico de indução com duas bobinas. Fonte: Schlumberger (1960)	41
Figura 21 -	Ilustração esquemática dos princípios básicos do funcionamento dos sensores de imagens acústica de poço. Um transdutor giratório emite e grava pulso sonoro. A primeira-chegada das amplitudes e o tempo de transito são gravados e plotados em perfis. Fonte: Schlumberger (1960)	42
Figura 22 -	Equipamento LECO SC-632 utilizado nas análises geoquímicas	44
Figura 23 -	Ciclo de Análise e exemplo de registro obtido como resultado da Pirólise Rock- Eval (Modificado de Tissot & Welte, 1984)	47
Figura 24 -	Descrição Faciológica do Testemunho do Poço MOR-1-SP (Duarte, 2012)	54
Figura 25 -	Perfil Integrado do Poço MOR-1-SP	55
Figura 26 -	Descrição Faciológica do Testemunho do Poço RO-1-SP	56
Figura 27 -	Perfil Integrado do Poço RO-1-SP	57
Figura 28 -	Folhelho betuminoso papiráceo e Sua resposta petrofísica e geoquímica no perfil	58
Figura 29 -	Diagrama de Van Krevelen e Gráfico COT vs S2. (retirado de Duarte, 2012) - Folhelho Betuminoso	60
Figura 30 -	Folhelho Silto-Argiloso e sua resposta petrofísica e geoquímica no perfil	61
Figura 31 -	Diagrama de Van Krevelen e Gráfico COT vs S2. (retirado de Duarte, 2012) - Folhelho Silto-Argiloso	61
Figura 32 -	Siltito Maciço Argiloso e sua resposta petrofísica e geoquímica no perfil	62
Figura 33 -	Diagrama de Van Krevelen e Gráfico COT vs S2. (retirado de Duarte, 2012) - Siltito Maciço	62
Figura 34 -	Argilito - Esmectítico e sua resposta petrofísica e geoquímica no perfil	63
Figura 35 -	Diagrama de Van Krevelen e Gráfico COT vs S2. (retirado de Duarte, 2012) - Argilito Esmectítico	64
Figura 36 -	Localização dos Poços Correlacionados	66
Figura 37 -	Correlação lateral das amplitudes dos valores de Raios Gama entre os poços RO-1-SP e MOR-1-SP, correspondente às fácies dos Folhelhos Betuminosos	68
Figura 38 -	Modelo de Eletrofácies de Raios Gamas dos Poços RO-1-SP e MOR-1-SP	69
Figura 39 -	Correlação entre as eletrofácies de Raios Gama dos poços RO-1-SP e MOR-1 SP	69
Figura 40 -	Perfil do Poço QUIRI -1- Eletrofácies do Folhelho Betuminosos	71

Figura 41 - Perfil elétrico do Poço da UFF (retirado de Penha, 2005)- Eletrofácies do Folhelho Betuminosos.....	72
Figura 42 - Correlação lateral do Folhelho Betuminoso 1 entre os 4 poços.....	73
Figura 43 - Correlação lateral do Folhelho Betuminoso 2 entre os 4 poços.....	74
Figura 44 - Modelo 3 D da camada do Folhelho Betuminoso 1.....	74
Figura 45 - Modelo 3 D da camada do Folhelho Betuminoso 2.....	75
Figura 46 - Seção Geológica Modelada dos Folhelhos Betuminosos, representando a distribuição lateral das eletrofácies identificadas nesta dissertação.....	75
Figura 47 - Modelo Geológico 3D dos Folhelhos Betuminosos da Formação Tremembé, representando a distribuição lateral das eletrofácies identificadas para esta litologia neste trabalho.....	76
Figura 48 - Camadas de Folhelhos Betuminosos mais espessas.....	78
Figura 49 - Camadas de Folhelhos Betuminosos mais finas.....	78
Figura 50 - Correlação estratigráfica entre os poços RO-1 e MOR-1 com destaque para as camadas de folhelhos betuminosos 1 e 2. Datum Folhelho Betuminoso 1.....	79
Figura 51 - Desenho esquemático da tecnologia de produção de Folhelhos Betuminosos - Fonte: Shale_GlobalResource_OilField.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Síntese das fácies e microfácies terrígenas definidas para a Formação Tremembé (Torres-Ribeiro, 2004). Fonte: Torres-Ribeiro (2004).....	30
Tabela 2 -	Tabela das principais eletrofácies dos Poços RO-1-SP e MOR-1-SP.....	65
Tabela 3 -	Correlação Topo e Base dos Folhelhos Betuminosos.....	73

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS E METODOLOGIA	14
2.1	Revisão bibliográfica	15
2.2	Aquisição dos dados	16
2.3	Preparação e Processamento dos dados	16
2.4	Interpretações dos Dados	16
3	ASPECTOS GERAIS	18
3.1	Área de Estudo	18
3.2	Evolução Tectono-Estratigráfica	21
3.3	Formação Tremembé	26
4	AQUISIÇÃO DOS DADOS	31
4.1	Perfilagem Geofísica de Poço	34
4.2	Geoquímica Orgânica	42
5	PROCESSAMENTO DOS DADOS	49
6	INTEGRAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	52
6.1	Poço MOR-1-SP	54
6.2	Poço RO-1-SP	56
7	RESULTADOS OBTIDOS	58
8	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS	65
8.1	Poço QUIRI-1-SP	71
8.2	Poço UFF	72
8.3	Implicações Exploratórias	76
9	CONCLUSÕES	81
	REFERÊNCIAS	83