



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Geologia

Eduardo Barreto Oliveira

**Geração não convencional de hidrocarbonetos na
região carbonífera de Santa Catarina**

Rio de Janeiro

2009

Eduardo Barreto Oliveira

**Geração não convencional de hidrocarbonetos na região
carbonífera de Santa Catarina**

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.

Orientador: Prof^o. Dr. René Rodrigues

Rio de Janeiro

2009

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

O48

Oliveira, Eduardo Barreto.

Geração não convencional de hidrocarbonetos na região
carbonífera de Santa Catarina / Eduardo Oliveira
Barreto.- 2009.

141 f. : il., mapas.

Orientador: René Rodrigues.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio
de Janeiro. Faculdade de Geologia.

1. Hidrocarbonetos - Teses. 2. Geoquímica orgânica -
Teses. I. Rodrigues, René. II. Universidade do Estado do Rio
de Janeiro. Faculdade de Geologia. III. Título.

CDU 552.578.4(816.4)

Eduardo Barreto Oliveira

**Geração não convencional de hidrocarbonetos na região
carbonífera de Santa Catarina**

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.

Aprovada em 07 de abril de 2009.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. René Rodrigues (Orientador)
Faculdade de Geologia da UERJ

Prof. Dr. Egberto Pereira
Faculdade de Geologia da UERJ

Prof. Dr. Luiz Antônio Freitas Trindade
Petrobras

Rio de Janeiro

2009

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado à minha mãe, Lêda Maria Natalense Barreto, por todo amor e apoio incondicional durante toda a minha vida.

AGRADECIMENTOS

À minha família e a Tathyana pelo carinho e atenção que têm me dedicado e por compreender as minhas ausências (física ou mental) durante a realização deste trabalho, principalmente no último ano, em que me dediquei quase integralmente à árdua tarefa de conciliar mestrado e trabalho. Obrigado pelo apoio, pelos conselhos e pelos momentos de descontração sem os quais eu não conseguiria chegar até aqui.

Ao meu orientador e professor, René Rodrigues, pelos ensinamentos sobre geologia e geoquímica do petróleo durante a graduação e a pós-graduação, pelo bom humor e boa vontade com que sempre me recebeu e por aguardar pacientemente a entrega dos resultados e textos.

Ao geólogo Roberto Heemann, da Carbonífera Catarinense, pela presteza com que me recebeu durante a minha estadia em Lauro Müller, por possibilitar a coleta das amostras e pelos dados de poços e estruturais da mina.

Aos funcionários do LGPA e do Laboratório de Geoquímica da UERJ pela ajuda durante o processamento das amostras e pela realização das análises geoquímicas.

Ao Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP (PRH) e à UERJ pelo apoio financeiro à execução desse trabalho.

À Gerência de Geoquímica do Centro de Pesquisa da Petrobras (Cenpes) pela realização das análises de pirólise.

Sou imensamente grato a Superintendência de Petróleo da Empresa de Pesquisa Energética pela flexibilização do meu horário de trabalho, possibilitando minhas idas à UERJ.

Dedico um agradecimento especial aos geólogos Reneu Rodrigues, pelos conselhos e conversas sobre a vida e o trabalho; e Jéferson Acioli, pela imensa ajuda e discussões durante a confecção dos mapas no ArcGis.

Enfim, meus sinceros agradecimentos a todos que me acompanharam e ajudaram de alguma forma durante a realização deste trabalho.

RESUMO

OLIVEIRA, Eduardo Barreto. Geração não convencional de hidrocarbonetos na região carbonífera de Santa Catarina. Rio de Janeiro, 2009. 141f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

Na região de Lauro Müller, sul de Santa Catarina, a presença de óleo nos arenitos das formações Rio Bonito e Palermo foi observada em diversos poços e nas galerias de uma das minas da Carbonífera Catarinense. Amostras desse óleo foram submetidas às análises de isótopos estáveis de carbono e cromatografia gasosa – espectrometria de massas visando, a princípio, identificar a sua origem. O óleo apresentou feições moleculares típicas de ambiente anóxico hipersalino, sendo correlacionado ao Membro Assistência da Formação Irati. Parâmetros moleculares revelaram que o mesmo foi gerado durante o pico de geração de hidrocarbonetos e encontra-se leve a moderadamente biodegradado. A comparação entre o óleo catarinense e os arenitos asfálticos de Anhembi (SP) revelou diferenças moleculares relacionadas à fácies orgânica, grau de evolução térmica e biodegradação. A geração do óleo no sul catarinense está intimamente relacionada ao efeito térmico das intrusões ígneas cretácicas sobre os intervalos geradores da Formação Irati, haja vista que a unidade encontra-se termicamente imatura na maior parte da bacia. O óleo teria migrado lateralmente da Formação Irati para os arenitos reservatório da Formação Rio Bonito através de falhas com rejeitos verticais superiores a 150 m, as quais foram identificadas em mapas e seções geológicas. Também foram realizadas análises de pirólise, isótopos de carbono e de biomarcadores em amostras da Formação Irati no poço CAT 204, realizado pela Carbonífera Catarinense, a fim de avaliar o efeito térmico de duas soleiras de diabásio intrudidas no Membro Assistência. Foi observado um aumento dos valores de $\delta^{13}C$ em direção ao contato com as intrusivas e a completa senilização da unidade. O halo termal abaixo da soleira inferior se estendeu, pelo menos, até a base da Formação Irati, situada a uma distância de 1,4 vezes a espessura do corpo intrusivo. Amostras da parte inferior da Formação Palermo, coletadas no poço CAT 204, e das três principais camadas de carvão do sul catarinense, coletadas nas minas da Carbonífera Catarinense, também se encontram termicamente maduras, sugerindo a proximidade de outros corpos intrusivos. Dessa forma, conclui-se que deve ter havido um aquecimento generalizado dos sedimentos no sul de Santa Catarina causado pela grande incidência de soleiras na região.

Palavras-chave: Óleos; Formação Irati; Geoquímica; Efeito térmico de intrusões ígneas.

ABSTRACT

In the region of Lauro Müller, south of Santa Catarina, the presence of oil in sandstones of Rio Bonito and Palermo formations were observed in several wells and in the galleries of a coal mine. Samples of oil were subjected to stable carbon isotopes and gas chromatography – mass spectrometry analysis to identify its origin. The oil had typical features of a hypersaline anoxic environment, achieving a positive correlation with Assistência Member of Irati Formation. Molecular parameters revealed that it was generated during the peak of hydrocarbon generation and is light to moderately biodegraded. The comparison between oil encountered in Lauro Müller and the tar sands of Anhembi (SP) revealed molecular differences related to organic facies, level of biodegradation and thermal maturity. The generation of oil in southern Santa Catarina is closely related to the thermal effect of igneous intrusions in the source rocks of Irati formation, given that the unit is thermally immature in most of the basin. The oil would have migrated laterally from Irati Formation to the reservoir sandstones of Rio Bonito Formation through faults with vertical slips over 150 m, identified on maps and geological sections. Pyrolysis, stable carbons isotopes and biomarkers analysis was also performed in a local section of Irati Formation to evaluate the heating effect of two dolerite sills intruded into Assistência Member. It was observed an increase in $\delta_{13}\text{C}$ toward the intrusive contacts and that Assistência Member was completely overmature. The thermal halo below the lower sill reached, at least, the bottom of the Irati Formation, located at a distance of 1.4 times the thickness of the intrusive body. Samples from the lower portion of Palermo Formation, collected in the well CAT 204, and the three main coal layers from southern Santa Catarina, collected in Carbonífera Catarinense's mines, are also thermally mature, suggesting the proximity of other intrusive bodies. Thus, it is concluded that there was a general heating of the sediments of southern Santa Catarina caused by the high incidence of igneous intrusions in the region.

Keywords: Oils; Irati Formation; Geochemistry; Thermal effect of igneous intrusions.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 – Motivação.....	1
1.2 – Objetivos.....	2
CAPÍTULO 2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL: A BACIA DO PARANÁ.....	3
2.1 - Localização e aspectos gerais.....	3
2.2 - Estrutura do embasamento.....	4
2.3 - Arcabouço estratigráfico.....	6
2.4 - Arcabouço estrutural.....	9
2.5 - O magmatismo Serra Geral.....	11
CAPÍTULO 3 – SISTEMAS PETROLÍFEROS NÃO CONVENCIONAIS.....	13
3.1 – Maturação da matéria orgânica por intrusões ígneas.....	14
3.2 – O sistema petrolífero permiano da Bacia do Paraná.....	16
3.2.1 – Rocha Geradora.....	16
3.2.2 – Rochas Reservatório.....	17
3.2.3 - Geração/Migração/Trapeamento.....	18
CAPÍTULO 4 – A ÁREA DE ESTUDO.....	22
4.1 – Localização.....	22
4.2 – Geologia local.....	22
4.3 - Aspectos estruturais.....	26
4.4 – As camadas de carvão.....	27
4.5 – A ocorrência de óleo em Lauro Müller.....	28
CAPÍTULO 5 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
5.1 - Amostras.....	31
5.1.1 - Amostras de óleo e arenitos com óleo.....	31
5.1.2 - Amostras de rocha.....	31

5.2 - Análises geoquímicas.....	32
5.2.1 - Análises de COT, enxofre total e resíduo insolúvel.....	33
5.2.2 - Isótopos estáveis de carbono.....	34
5.2.3 - Pirólise Rock-Eval.....	34
5.2.4 - Extração da parte solúvel da matéria orgânica.....	35
5.2.5 - Cromatografia líquida.....	35
5.2.6 - Cromatografia gasosa-espectrometria de massas (CG-EM).....	36
5.3 - Mapas e perfis.....	37

CAPÍTULO 6 - FUNDAMENTOS PARA A CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA

DE ÓLEOS E ROCHAS GERADORAS.....	39
6.1 – Carbono orgânico total.....	39
6.2 – Pirólise Rock-Eval.....	39
6.3 - Isótopos estáveis de carbono.....	41
6.4 - Marcadores Biológicos.....	42
6.4.1 - Alcanos normais.....	42
6.4.2 - Isoprenóides acíclicos.....	43
6.4.3 - Terpanos.....	45
6.4.4 - Esteranos.....	51
6.4.5 - β -carotano.....	55
6.4.6 - Hidrocarbonetos aromáticos.....	55

CAPÍTULO 7 – RESULTADOS.....59

7.1 – Caracterização geoquímica do óleo de Lauro Müller.....	59
7.1.1 - Isótopos estáveis de carbono.....	59
7.1.2 - Alcanos normais e isoprenóides.....	60
7.1.3 - Terpanos.....	64
7.1.4 - Esteranos.....	67
7.1.5 - Hidrocarbonetos aromáticos.....	75
7.2 - Origem do óleo de Lauro Müller: correlação óleo-rocha geradora.....	80
7.3 - Grau de evolução térmica do óleo.....	86

7.4 - Estágio de biodegradação.....	86
7.5 - O sistema petrolífero Irati-Rio Bonito na região carbonífera de Santa Catarina.....	92
7.5.1 - Geração.....	92
7.5.2 - Migração.....	94
7.5.3 - Trapeamento.....	98
7.5.4 - Relação temporal entre os eventos.....	99
7.6 - Efeito térmico das intrusivas ígneas na região.....	100
7.7 - Comparação entre o óleo de Lauro Müller e os arenitos asfálticos de Anhembi (SP).....	114
CAPÍTULO 8 – CONCLUSÕES.....	122
CAPÍTULO 9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
ANEXOS.....	133