

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



9º CONGRESSO
Brasileiro de **P&D** em
PETRÓLEO E GÁS

Maceió, AL
de 09 a 11 de novembro
2017

Realização:



ABPG
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE P&D EM
PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

**PALINOFÁCIES E GEOQUÍMICA ORGÂNICA DO MESO-DEVONIANO DA BACIA DO
PARANÁ, BRASIL**

AUTORES:

Lauro Tiago Souza Santos, Iasmine M. S. Souza, Karina S. Garcia, Consuelo N. L. Andrade

INSTITUIÇÃO:

Departamento de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia – UFBA

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 9º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 09 a 11 de novembro de 2017, em Maceió/AL. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 9º PDPETRO.

PALINOFÁCIES E GEOQUÍMICA ORGÂNICA DO MESO-DEVONIANO DA BACIA DO PARANÁ, BRASIL.

Abstract

The objective of this study is to describe the palynofacies and to analyze the geochemical parameters of the Meso-Devonian Ponta Grossa Formation of Paraná Basin. Using a systematic method, 30 samples have been collected from the region of Ponta Grossa/PR, along 340 PR road and in Ponta Grossa railway branch – Paranaguá. The sampling for the studying of The Organic Matter was obtained from outcrops. In this sampling, the most oxidated portions have been removed from the surface of the exposed rock and the most conserved ones were collected. The data of 4,0 to 4,5, Sulfur and Nitrogen have been studied and analysis of the palynofacies. The determinations of the contents of Total Organic Carbon (TOC), Total Nitrogen (TN) and Total Sulfur (TS) were obtained from Elemental Analyzer LECO and the peaks S1, S2, S3 and Tmax by Pyrolyzer Rock –Eval. The petrographic analysis were made using *ZEISS AXIO Imager.A1m* microscope. Palynological sheets were displayed, following the extraction technique with the use of hydrofluoric acid (40 percent) and hydrochloric (32 percent). For the Formation Ponta Grossa, the kerogen was classified as type II/III e III, the TOC had a variation of 0,21-1,82%, and the potential generator has a variation of 0,01 mg/g to 6,92 mg/g. The pyrolysis analysis show samplings in oil window generation. The index of Spore Coloring had a variation of 4,0 to 4,5 and 8,0 to 8,5. The data analyzed, mainly the most elevated Total Organic Carbon values, indicate some range of values associated to transgressive events. It has been observed that the contents of Total Organic Carbon in the samplings have a tendency to increase, following the top of the sections. The visual analysis of kerogen from the samplings studied showed a predominance of organic material from sea origin, associated to a little contribution of continental organic material, suggesting little contribution from rivers or the development of continental material in the dispositional paleoambient in this gap.

Introdução

O estudo dos folhelhos, possíveis rochas geradoras, e a distribuição das fácies orgânicas dessas rochas sedimentares, gera uma estratégia de avaliação para as bacias sedimentares com potencial petrolífero (HUC, 1990). Atualmente, um dos critérios para a caracterização de fácies orgânicas é através de análises geoquímicas comparadas aos resultados de análises microscópicas. Atualização e aquisição de novos dados laboratoriais podem fornecer subsídios para uma melhor avaliação da potencialidade petrolífera, quanto à geração de hidrocarbonetos e ao entendimento de possíveis ambientes de sedimentação. Sabe-se que os depósitos do Devoniano na América do Sul são constituídos por bacias de sedimentação em ambiente marinho que nesse período foram interligados durante eventos transgressivos (GRAHN et al, 2006; TRINDADE et al., 2015 e PASQUO et al., 2015). Durante o Devoniano um extenso mar epicontinental inundou a Bacia do Paraná, assim como outras grandes bacias cratônicas do interior brasileiro, a exemplo da Bacia do Parnaíba, Amazonas e Solimões (TRINDADE et al., 2015). Eventos regressivos-transgressivos no Devoniano também são registrados e estudados em outros lugares do mundo (LARGE, 1967; GRAHN et al., 2013; TRINDADE et al., 2015; PASQUO et al., 2015; RUBINSTEIN et al., 2016 e CRAIGIE et al., 2016). A Bacia do Paraná possui sequências de folhelhos que são fontes de importantes estudos para o entendimento do ambiente deposicional. A Formação Ponta Grossa possui esse registro de folhelhos depositados durante o Devoniano em ciclos transgressivos-regressivos associados a oscilações do nível do mar (MILANI et al., 2007).

O objetivo desta pesquisa é contribuir para a caracterização da Formação Ponta Grossa do Devoniano Médio, através das técnicas de geoquímica orgânica e palinofácies. Com isso, deverão ser aperfeiçoadas interpretações já existentes, buscando melhor caracterizar as variações no paleoambiente e o potencial gerador desta formação em bacias de fronteira exploratória para prospecção de petróleo.

Metodologia

A amostragem para o estudo da Matéria Orgânica foi obtida a partir de afloramentos. Nessa amostragem foram removidas as porções mais oxidadas da capa de rochas expostas, sendo então, recolhidas aquelas mais conservadas. As amostras foram recolhidas a partir do mesmo litotipo, e tomadas após intervalos regulares (metro a metro); ou ao longo de perfil ou afloramentos, em cortes de rodovia e ferrovias, a fim de serem obtidos dados comparáveis.

Foram coletadas amostras de folhelhos da Formação Ponta Grossa, nas proximidades de rodovias no Estado do Paraná, que contemplam os municípios de Tibagi e Ponta Grossa. As mesmas foram descritas, acondicionadas em sacos de tecido de algodão, etiquetadas (com informações básicas: formação, membro, localização, data de coleta e coordenadas). Para este trabalho, foram selecionadas 16 amostras do afloramento ao longo da rodovia PR 340 (com início da seção no km 60), e 14 amostras de afloramentos próximos ao ramal Ferroviário Ponta Grossa – Paranaguá (km222) da Fazenda Rivadavia.

As determinações dos teores de Carbono Orgânico Total (COT), Nitrogênio Total (NT) e de Enxofre total (ST), foram feitas a partir de Analisador Elementar LECO 628CN, os picos S1, S2, S3 e T_{máx} por pirolisador *Rock-Eva 6* e análises petrográficas realizadas em Microscópio *ZEISS AXIO Imager.A1m*. Foram utilizadas amostras secas, maceradas e peneiradas a 80 *mesh*. As amostras também peneiradas a 80 *mesh* foram tratadas com ácido clorídrico, a fim de remover o carbono não orgânico. Essa fração, de 1g, foi utilizada para determinação de COT. Foram montadas lâminas palinológicas, seguindo-se a metodologia adaptada de Tyson (1995). Para a confecção dessas lâminas, o peso de amostras de folhelho para este estudo foi de 40g. Foi necessária fragmentação e peneiramento das amostras em tamanho entre 1,0 a 2,8mm. As amostras foram, então, transferidas para béqueres de polipropileno de 1L. O preparo para essa análise seguiu técnicas de extração com tratamento com ácido clorídrico e ácido fluorídrico (HCl-HF), com subsequentes processos de lavagens com água destilada e peneiramento a 10µm, com a finalidade de eliminar a fração carbonática e silicatos (ATFY, 2016; ANDRADE, 2015; OLIVEIRA et al., 2006 e OLIVEIRA et al., 2004). A etapa final consistiu no preparo das lâminas com o concentrado do querogênio, peneiradas no tamanho > 10 µm (ANDRADE, 2015). Essas lâminas estão sendo estudadas através de luz branca transmitida, modo fluorescência (UV e excitação por luz azul), para palinofácies e, quando possível, com o Índice de Coloração de Esporos (ICE).

Resultados e Discussão

As variações dos dados de geoquímica orgânica estão ilustrados nas Figuras 1 e 2. Para as amostras estudadas da seção da Fazenda Rivadavia os teores de COT variaram de 0,21 e 1,74%, com 15,4% das amostras classificadas como boas para a possível geração de hidrocarbonetos, de acordo com a classificação de Peters e Cassa (1994). De forma similar as amostras coletadas na seção Tibagi-Telêmaco Borba (PR 340) mostraram teores entre 0,19 e 1,82%, com 13,3% das amostras também classificadas como boas para a possível geração de hidrocarbonetos. Os valores mais altos de COT, para a seção Tibagi-Telêmaco Borba (PR 340), estão condizentes com a ingressão marinha e deposição dos intervalos com maior concentração de folhelho.

Todas as amostras apresentaram teores de Nitrogênio Total (NT) abaixo do limite de detecção do aparelho (NT <0,10) e valores baixos para a concentração de Enxofre (S), o que permite indicar relativa anoxia nesse paleoambiente.

Todos os valores de S1, para as duas seções da Formação Ponta Grossa, são registrados abaixo de 0,5 mg HC/g rocha e, assim, são classificados como pobres segundo Peters e Cassa (1994).

O Parâmetro S2 para a Seção Fazenda Rivadavia variou de 0,17 mg/g até 2,69 mg/g de rocha, sendo 15,4% das amostras classificadas como regular e 84,7% das amostras classificadas como pobres, também segundo Peters e Cassa (1994). Para a Seção Tibagi-Telêmaco Borba

(PR 340) o S2 variou de 0,01 mg/g até 6,92 mg/g de rocha, o que indicou um potencial pobre na geração de hidrocarbonetos para 93,3% das amostras e potencial gerador bom para 6,7% das amostras dessa seção.

O tipo de matéria orgânica foi avaliado pelos índices de hidrogênio e de oxigênio, e o resultado obtido para as amostras analisadas foi um querogênio tipo II/III e III. Os valores de Tmax da Seção Fazenda Rivadavia estão entre 440° a 443°C, indicando uma fase inicial de maturação. Entretanto, algumas amostras da Seção Tibagi-Telêmaco Borba (PR 340) estão inseridas na janela de geração de óleo e podem estar associados a efeito de intrusões de diabásio identificados na região.

Figura 1 - Variação dos parâmetros geoquímicos para a seção Fazenda Rivadavia, da Formação Ponta Grossa, Bacia do Paraná. COT – Carbono Orgânico Total; Tmax - Temperatura máxima; IH – Índice de Hidrogênio. * Perfil geológico da Formação Ponta Grossa adaptado de Bergamaschi (1999).

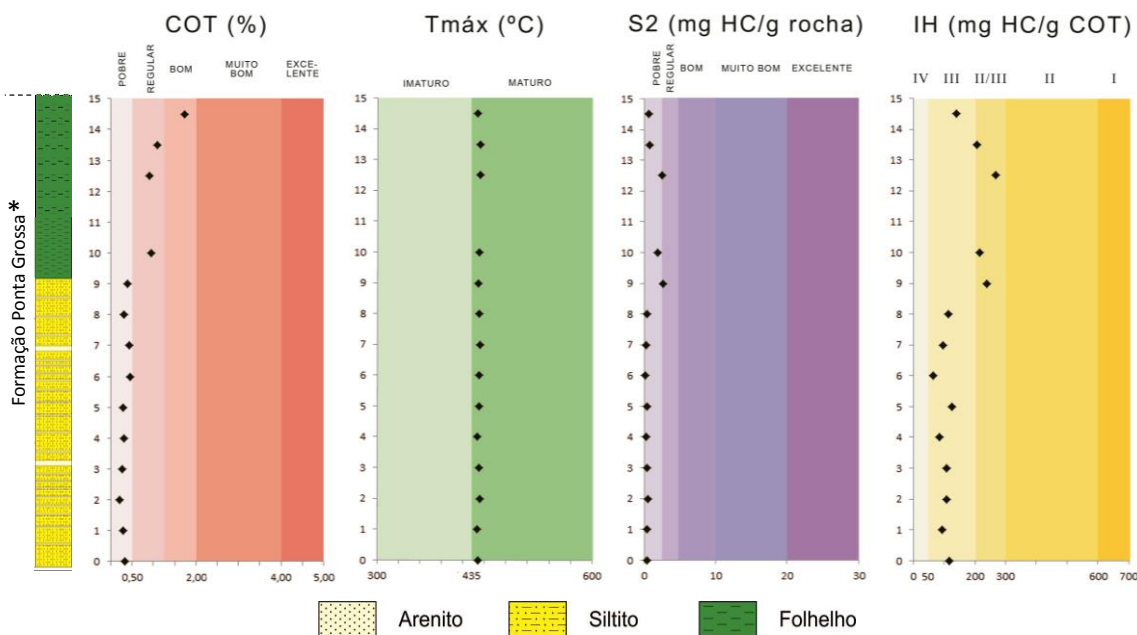
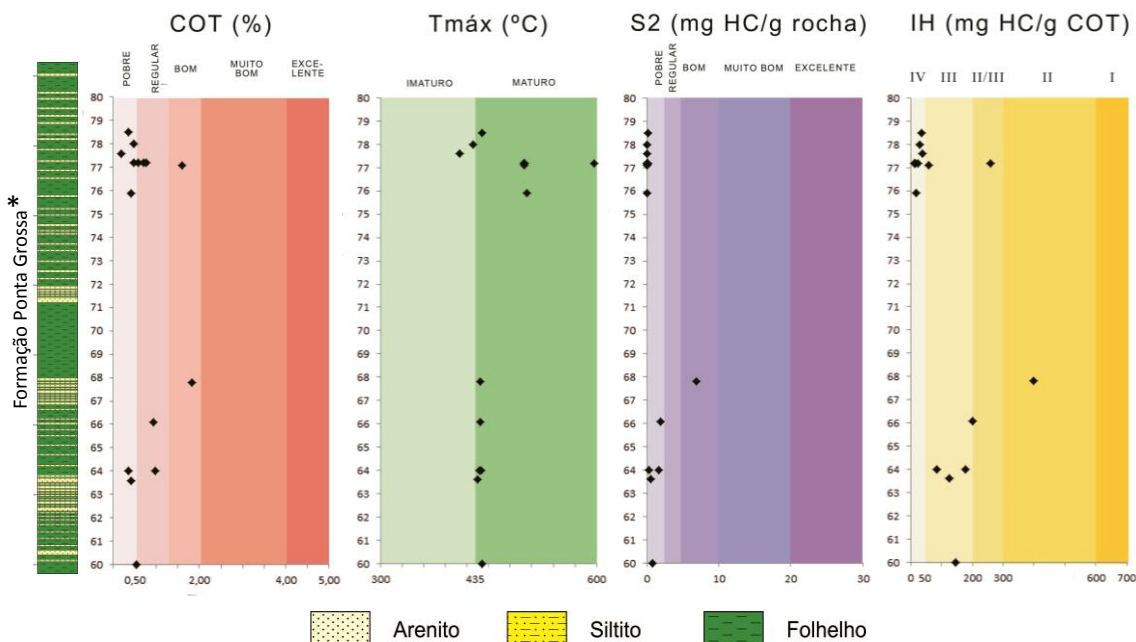


Figura 2 - Variação dos parâmetros geoquímicos para a seção Tibagi-Telêmaco Borba (PR 340), da Formação Ponta Grossa, Bacia do Paraná. COT – Carbono Orgânico Total; Tmax - Temperatura máxima; IH – Índice de Hidrogênio. Perfil geológico da Formação Ponta Grossa adaptado de Grahn et al. (2007).



Foram analisados os três grupos de componentes básicos da matéria orgânica: fitoclastos, palinomorfos e matéria orgânica amorfa. Dentro dos grupos dos palinomorfos foram identificados esporomorfos, microplânctons e zoomorfos. No grupo dos fitoclastos foram identificados os opacos e não opacos. Foram identificados opacos alongados, opacos equidimensionais e os corroídos. Já os poucos fitoclastos não-opacos presentes correspondem aos fitoclastos sem estruturas, cutículas e tecidos de epiderme. Para o grupo MOA foram identificados a MOA fluorescente, MOA não-fluorescente e resinas, a Fotomicrografia 1 ilustra os principais constituintes orgânicos encontrados.

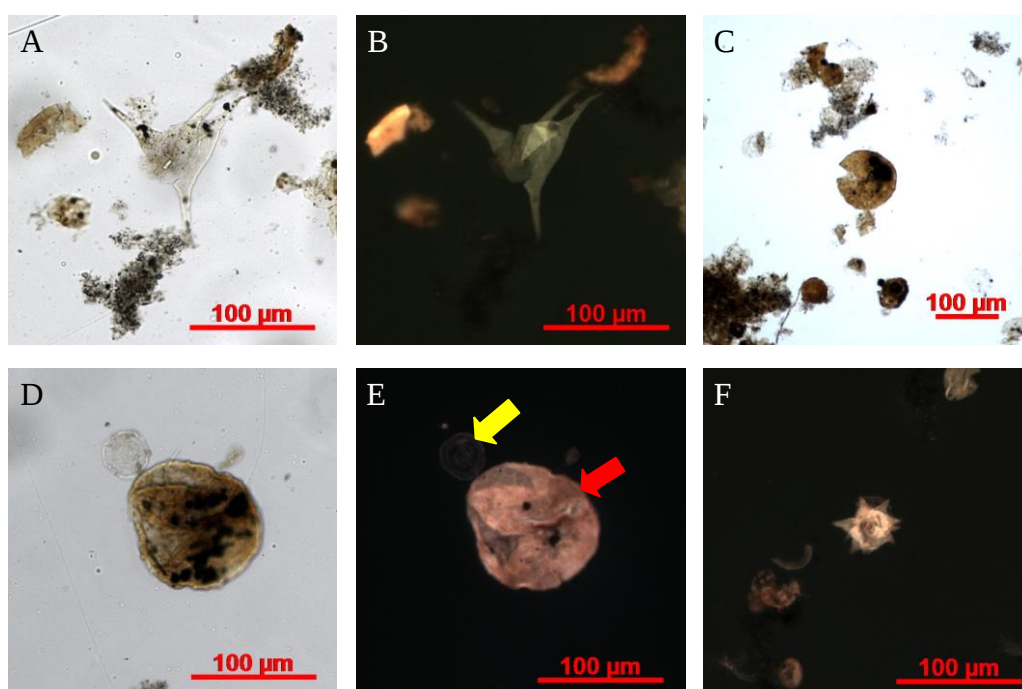
Os palinomorfos são os constituintes orgânicos de maior concentração (média de 68,6%), variando de 48,1% a 87%, encontram-se diversos tipos de palinomorfos, como acritarcos, algas, quitinozoários. De modo geral, esses palinomorfos encontram-se bem preservados e os esporomorfos apresentam coloração de fluorescência que varia desde cor laranja claro ao amarelo. Enquanto que os microplânctons possuem coloração verde de fluorescência. Foi evidenciado que na base da seção Faz. Rivadavia da Formação Ponta Grossa uma maior concentração de constituintes orgânicos de origem terrestre, como é o caso de aumento na concentração de esporomorfos. Em contra partida, a concentração de constituinte de origem marinha crescem no topo das seções, o que sugere uma passagem progressiva de condições mais proximais para condições mais distais.

Os fitoclastos estão presentes em grande parte das seções. Os fitoclastos opacos geralmente são pequenos e equidimensionais. Os constituintes do querogênio do subgrupo dos fitoclastos opacos são mais abundantes se comparados com ao fitoclastos não opacos.

A concentração da matéria orgânica amorfa para a Formação Ponta Grossa variou de 1,5% a 27,9% com média de 10,9% com ausência de fluorescência. As amostras da base das seções da Formação Ponta Grossa apresentam valores mais baixos, enquanto que as amostras do topo da seção apresentam valores de concentração de MOA mais elevados. Predominantemente, essa matéria orgânica não apresenta fluorescência.

Os zoomorfos, representados por quitinozoários e escolecodontes, apresentaram coloração castanho escuro e inexistência de fluorescência. Foi identificado apenas um exemplar de escolecodontes nas amostras analisadas.

Fotomicrografias 1 – Fotomicrografia de táxions registrados nas seções estudadas, Formação Ponta Grossa, Bacia do Paraná. A = Acritarco em luz branca transmitida; B = Acritarco em luz ultravioleta; C = Esporo em luz branca transmitida; D = Alga e espora em luz branca transmitida; E = Alga (indicado por seta amarela) e espora (indicado por seta vermelha) em luz ultravioleta; F = Acritaco em luz ultravioleta.



Conclusões

As análises geoquímicas realizadas nas rochas para os dois afloramentos do Meso-Devoniano da Formação Ponta Grossa permitem afirmar que a maioria das amostras seguiram uma tendência de temperatura máxima, as quais encontram-se na fase inicial de janela de geração. Alguns outros valores, presentes na seção Tibagi-Telêmaco Borba (PR 340) encontram-se na fase de geração de hidrocarbonetos e podem estar associados a efeitos de rocha intrusiva.

Os dados analisados auxiliaram na interpretação desses eventos transgressivos para as seções da Formação Ponta Grossa. As condições iniciais de transgressão foram identificadas ao longo da Seção Tibagi-Telêmaco Borba e no topo da seção Faz. Rivadavia. Observa-se que esses teores de COT nas amostras tenderam a aumentar à medida que segue em direção ao topo dessas seções, assim como os valores na qualidade como rochas geradoras de hidrocarbonetos. Como também, no topo dessas seções, foi registrado o aumento da abundância de palinomorfos de origem marinha e redução da concentração de constituintes de origem continental, levando a interpretação que o paleoambiente passou de condições proximais para condições mais distais. Portanto, é evidenciada nessas seções da Formação Ponta Grossa (Bacia do Paraná) os primeiros indícios de transgressões marinha do Devoniano Médio.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Mestrado; a BG E&P BRASIL LTDA uma atual subsidiária da Shell, pelo apoio e financiamento à esta pesquisa; ao NEA/LEPETRO e ao CENA (USP), pelo apoio nas análises laboratoriais, ao Prof. Elvio Bosetti, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Prof. Cícero da Paixão, da Universidade Federal da Bahia, a Profa. Tereza Regina Machado Cardoso, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, pelas orientações que auxiliaram no desenvolvimento deste estudo.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, C. L. N.. **Arcabouço palinoestratigráfico e geoquímica orgânica da formação Pimenteiras (Devoniano), na borda oeste da bacia do Parnaíba, Brasil**. 2015. Tese (Doutorado em Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

ATFY, H. E. et al. Palynology, palynofacies analysis, depositional environments and source rock potential of Lower Cretaceous successions in southern Iraq. **Marine and Petroleum Geology**, n. 76, p. 362-376, Maio 2016.

GRAHN, Y.; MELO, J. H. G.; LOBOZIAK, S. Integrated Middle and Late Devonian miospore and chitinozoan zonation of the Parnaíba Basin, Brazil: an update. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 3, n. 9, p. 283-294, Set-Dez 2006.

HUC, A. Y. Understanding Organic Facies: A Key to Improved Quantitative Petroleum Evaluation of Sedimentary Basins. **Deposition of Organic Facies**, n. 32, p. 1-11, 1990.

LANGE, F.W.. Biostratigraphic subdivision and correlation of the Devonian in the Paraná Basin. In: BIGARELLA, J. J. (ed.). Problems in Brazilian Devonian geology. **Boletim Paranaense de Geociências**. Curitiba: 1967, v., 21, n. 22, p. 63-98.

MILANI, E. J. et al. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, Mai/Nov 2007.

OLIVEIRA A.D., MENDONÇA FILHO J.G., SANTANNA A.J., SOUZA J.T., FREITAS A.G., MENEZES T.R. Inovação no processamento químico para isolamento da Matéria Orgânica Sedimentar. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 43º. Aracaju, SE. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Bahia- Sergipe, p. 324, 2006.

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

PETERS, K.E. & CASSA, M.R., 1994, Applied source rock geochemistry In: Magoon, L.B., and Dow, W.G. (eds.). **The petroleum system—From source to trap: Tulsa, Okla.** American Association of Petroleum Geologists Memoir, 60, p. 93-117.

RUBINSTEIN, C. V.; PETUS, E.; NIEMEYER, H. Palynostratigraphy of the Zorritas Formation, Antofagasta Region, Chile: Insights on the Devonian/Carboniferous boundary in western Gondwana. **Geoscience Frontiers**, p. 1-14, Abril 2016.

TRINDADE, V. S. F.; CARVALHO, M. D. A.; BORGHI, L. Palynofacies patterns of the Devonian of the Parnaíba Basin, Brazil: Paleoenvironmental implications. [S.l.]: **Journal of South American Earth Sciences**, v. 62, 2015. 164-175 p.

TYSON, R. V. **Sedimentary Organic**. 1. ed. Londres: Chapman and Hall, 1995.