



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 508**

**GEOQUÍMICA ORGÂNICA DA FORMAÇÃO BARREIRINHA,  
DEVONIANO SUPERIOR DA BACIA DO AMAZONAS,  
MUNICÍPIO DE RURÓPOLIS, PA: IMPLICAÇÕES  
PALEOAMBIENTAIS E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL  
GERADOR DE HIDROCARBONETOS**

**Dissertação apresentada por:**

**SEBASTIAN MOLINA CALDERÓN**

**Orientador: Prof. Afonso Cesar Rodrigues Nogueira (UFPA)**

**Coorientador: Prof. Sidney Gonçalo de Lima (UFPI)**

---

**BELÉM  
2017**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

---

Molina Calderón, Sebastián, 1991-

Geoquímica orgânica da Formação Barreirinha, Devoniano Superior da Bacia do Amazonas, Município de Rurópolis, Pa: implicações paleoambientais e avaliação do potencial gerador de hidrocarbonetos / Sebastián Molina Calderón. – 2017.

xv, 90 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Afonso Cesar Rodrigues Nogueira

Coorientador: Sidney Gonçalo de Lima

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2017.

1. Geologia estratigráfica – Devoniano. 2. Geoquímica Orgânica. 3. Formação Barreirinha. 4. Bacia do Amazonas. I. Título.

CDD 22. ed.:553.2098115

---

Elaborado por  
Luciana de Fátima Imbiriba de Sousa  
CRB-2/652



**Universidade Federal do Pará**  
**Instituto de Geociências**  
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

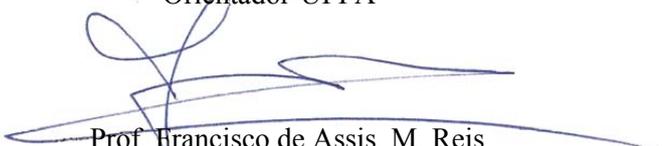
**GEOQUÍMICA ORGÂNICA DA FORMAÇÃO BARREIRINHA,  
DEVONIANO SUPERIOR DA BACIA DO AMAZONAS,  
MUNICÍPIO DE RURÓPOLIS, PA: IMPLICAÇÕES  
PALEOAMBIENTAIS E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL  
GERADOR DE HIDROCARBONETOS**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR**  
**SEBASTIAN MOLINA CALDERÓN**

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de  
GEOLOGIA.

Data de Aprovação: 22 / 11 / 2017

  
Prof. Afonso Cesar Rodrigues Nogueira  
Orientador-UFPA

  
Prof. Francisco de Assis M. Reis  
Membro-UNICAMP

  
Prof. Dr. Joelson Lima Soares  
Membro-UFPA

Ao meu pai Alfredo Calderón (*In memoriann*)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ser meu guia na oportunidade de realizar este trabalho, onde cresci tanto profissional como pessoalmente.

À Organização dos Estados Americanos (OEA) e ao Grupo Coimbra de Universidades Brasileiras (GCUB) pelos convênios e programas internacionais que tornaram possível esta dissertação.

À Universidade Federal do Pará (UFPA) e ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) do Instituto de Geociências, pela infraestrutura e conhecimentos subministrados.

À professora Iracilda Sampaio e à equipe da PROPESP, pelo caloroso recebimento e ajuda brindada na UFPA.

A meu orientador e amigo Afonso Nogueira, com quem estou muito agradecido pela oportunidade de realizar este projeto a seu lado, por sua orientação e pelos momentos de alegria e descontração que tornaram muito legal nossa convivência.

A meu co-orientador Prof. Sidney Lima e ao pessoal do Laboratório de Geoquímica Orgânica (LAGO) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), pelo tempo, paciência e ajuda brindada, tanto na pesquisa como na minha visita à cidade de Teresina.

Ao Prof. René Rodrigues e a equipe da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), por toda a infraestrutura oferecida na minha pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro prestado.

Ao pessoal do Grupo de Análise de Bacias Sedimentares da Amazônia (GSED), especialmente aos professores José Bandeira (JB) e Joelson, e a meus companheiros Ailton, Pedro,

Quezia, Renato, Franco e Jhon, por me fazer sentir em casa com sua amizade e assessoria neste manuscrito.

A minha família por estar a meu lado em todo momento, principalmente a meu pai, Alfredo Calderón, quem foi embora no decorrer do presente trabalho. Obrigado papai pelo apoio, compressão e amor, que serviram de estímulo durante toda a minha vida pessoal e profissional.

A meus amigos Hector, Heliana, Leidy, Lesly, León e Roxiris, pela sua companhia neste longo trajeto, pelos momentos vividos e pelas alegrias brindadas.

Por último, ao Brasil, principalmente ao povo de Belém do Pará, por sua hospitalidade, gentileza e por ter sido muito pai d'égua comigo, fazendo-me sentir um paraense mais na sua cidade. Muito obrigado!

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”

*Albert Einstein*

## RESUMO

Durante o Devoniano Superior a Plataforma Sul-Americana sofreu transgressões marinhas que determinaram a acumulação de folhelhos negros – cinza escuros com alto conteúdo de matéria orgânica, de origem marinha e em condições anóxicas, vinculados à Formação Barreirinha. O paleoambiente e potencial gerador foi determinado a partir de afloramentos no município de Rurópolis, identificando-se cinco fácies sedimentares agrupadas nas associações de fácies de Plataforma profunda (AF1) e Plataforma transicional-profunda (AF2). Estas associações indicam as consequências da *Grande Transgressão Devoniana* ocorrida na Bacia do Amazonas. AF1 apresenta teores de COT < 3,23%, indicando um potencial gerador alto a muito alto, enquanto AF2 registra valores de COT < 1%, correspondendo a um potencial para hidrocarbonetos baixo a médio. De acordo aos dados de pirólise *Rock Eval*, o Índice de Hidrogênio (IH) comparece tanto valores inferiores a 200 mg HC/g de COT, associados à geração somente de gás, atribuídos a AF2, como valores entre 200 e 300 mg HC/g de COT para AF1, correspondentes a um potencial para gás e condensado. Os valores de  $T_{max} < 440^{\circ}\text{C}$  indicam um estágio de evolução térmica imaturo, enquanto o querogênio é do tipo II e III, associados a uma origem marinha e de vegetais superiores respectivamente. Os biomarcadores apresentam uma distribuição bimodal dos n-alcenos ( $C_{11}$ – $C_{35}$ ), sugerindo matéria orgânica depositada num ambiente predominantemente marinho, porém com contribuição de material derivado de vegetais superiores, corroborado pelas razões TAR,  $C_{27}/C_{29}$ , Hopano/Esterano e MPI-1. Enquanto os valores de CPI, OEP, Pr/n- $C_{17}$  e F/n- $C_{18}$  indicam uma baixa evolução térmica durante um estágio imaturo. Este fato é corroborado pelas razões  $T_s/T_m$ ,  $T_s/(T_s+T_m)$  e pelo índice de homohopanos,  $C_{35}/C_{31}$ . Por conseguinte, a matéria orgânica deriva de organismos plantônicos e/ou de algas marinhas, e em menor proporção, segundo a razão  $C_{27}/C_{29}$  dos esteranos, de matéria orgânica derivada de vegetais superiores. A geração de hidrocarbonetos em AF1 é alta a muito alta, principalmente para gás e condensado, sendo o resultado da influência de soleiras de diabásio que modificaram as condições de pressão e temperatura para potencializar o craqueamento da matéria orgânica durante o Triássico-Jurássico.

Palavras – chave: Geoquímica orgânica. Formação Barreirinha. Biomarcadores. Bacia do Amazonas.

## ABSTRACT

During the Late Devonian the South American Platform suffered marine transgressions that determined the accumulation of dark black-gray shales with high content of organic matter, of marine origin and in anoxic conditions, associated to the Barreirinha Formation. The paleoenvironment and potential generator was determined from outcrops in the municipality of Rurópolis, Pará, identifying five sedimentary facies grouped in the associations of facies of Deep platform (AF1) and Deep-transitional platform (AF2). These associations indicate the consequences of the *Upper Devonian Transgression* occurred in the Gondwana. AF1 presents TOC levels <3.23%, indicating a high to very high potential generator, while AF2 recorded TOC values <1%, corresponding to a potential for low to medium hydrocarbons. According to the Rock Eval pyrolysis data, the Hydrogen Index (IH) shows both values lower than 200 mg HC / g of TOC, associated to the generation of gas, attributed to AF2, as values between 200 and 300 mg HC / g of COT for AF1, corresponding to a potential for gas and condensate. Values of Tmax <440 ° C indicate a stage of immature thermal evolution, while the kerogen is type II and III, associated with a marine and continental origin, respectively. The biomarkers present a bimodal distribution of n-alkanes (C<sub>11</sub>-C<sub>35</sub>), suggesting organic matter deposited in a predominantly marine environment, but with contribution of material derived from higher plants, corroborated by TAR, C<sub>27</sub> / C<sub>29</sub>, Hopano/Esterano and MPI- 1. While the CPI, EPO, Pr / n-C<sub>17</sub> and F / n-C<sub>18</sub> values indicate a low thermal evolution during an immature stage. This fact is corroborated by the Ts / Tm, Ts / (Ts + Tm) and the homohopane index, C<sub>35</sub> / C<sub>31</sub>. Therefore, the organic matter is derived from planctonic organisms and / or seaweed, and to a lesser extent, according to the C<sub>27</sub> / C<sub>29</sub> ratio of the sterols, derived from higher plants. The generation of hydrocarbons in AF1 is high to very high, mainly for gas and condensate, being the result of the influence of diabase sills that modified the conditions of pressure and temperature to advance with the cracking of organic matter during the Triassic-Jurassic periods.

Key words: Organic geochemistry. Barreirinha Formation. Biomarkers. Amazonas Basin.