



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

TESE DE DOUTORADO Nº 178

**O CAMP NAS BACIAS DOS SOLIMÕES, AMAZONAS,
PARNAÍBA E PARECIS, NORTE DO BRASIL:
IMPLICAÇÕES GEOTECTÔNICAS E DEPOSICIONAIS
PARA O JURÁSSICO DO GONDWANA OCIDENTAL**

Tese apresentada por:

GABRIEL LEAL REZENDE

Orientador: Prof. Dr. Afonso César Rodrigues Nogueira (UFPA)

**Belém – Pará
2024**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

R467c Rezende, Gabriel Leal.
O Camp nas bacias dos Solimões, Amazonas, Parnaíba e
Parecis, Norte do Brasil: implicações geotectônicas e deposicionais
para o jurássico do Gondwana Ocidental / Gabriel Leal Rezende. —
2024.
xx,99 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Afonso César Rodrigues Nogueira
Nogueira
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de
Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais,
Belém, 2024.

1. Geologia-Amazônia. 2. Modelagem Crustal. 3.
Anomalia Gravimétrica. 4. Espessura Crustal. 5. Pangea.. I.
Título.

CDD 551.7009811



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Programa de pós-graduação em geologia e geoquímica

**O CAMP NAS BACIAS DOS SOLIMÕES, AMAZONAS,
PARNAÍBA E PARECIS, NORTE DO BRASIL:
IMPLICAÇÕES GEOTECTÔNICAS E DEPOSICIONAIS
PARA O JURÁSSICO DO GONDWANA OCIDENTAL**

Tese apresentado por

GABRIEL LEAL REZENDE

**Como requisito parcial à obtenção de Grau de Doutor em Ciências na Área
de GEOLOGIA e Linha de Pesquisa Análise de Bacias Sedimentares**

Data de Aprovação: 23 / 08 / 2024

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Afonso César Rodrigues Nogueira (Orientador-UFGA)

Prof.^a Dr.^a Juliana Charão Marques (Membro-UFRGS)

Documento assinado digitalmente
gov.br JULIANA CHARAO MARQUES
Data: 26/08/2024 11:26:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Claudio Riccomini (Membro-USP)

Documento assinado digitalmente
gov.br CLAUDIO RICCOMINI
Data: 26/08/2024 15:58:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rodrigo Bijani Santos (Membro-UFF)

Documento assinado digitalmente
gov.br RODRIGO BIJANI SANTOS
Data: 29/08/2024 10:12:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Joelson Lima Soares (Membro-UFGA)

*Dedico esse trabalho à minha família:
Ana Rute Silva Leal, minha mãe.
André Camara Rezende, meu pai.
Danielle Lopes de Freitas, minha amada
esposa e a Deus.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente e acima de tudo, agradeço a **Deus** por ter abençoado e dado forças em todos os momentos dessa jornada e por sua presença constante na minha vida. À minha família que sempre me apoiou, financiando meus estudos e que esteve sempre ao meu lado em todos os momentos. Um agradecimento especial a minha mãe que sempre me apoiou e esteve comigo nos piores momentos da minha vida. À minha esposa, que sempre orou e acreditou no meu potencial, apoiando e lutando lado a lado para conseguir os nossos objetivos, garantindo a tranquilidade para finalizar a minha tese. As minhas duas avós, que sempre acreditaram em mim e estavam sempre cuidando quando eu mais precisava, principalmente, da minha saúde, dando muito amor e carinho para prosseguir na minha jornada. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de 19 meses de bolsa de doutorado. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Ao orientador Dr. Afonso César Rodrigues Nogueira, que em mais de oito anos de convivência nunca me abandonou, sendo um “paizão” e estando sempre disposto a ajudar com seus ensinamentos e amizade, além de todos os momentos de descontrações e críticas construtivas que tiveram ao longo desses anos. A Cleida por sua amizade e paciência em toda as fases dessa vida acadêmica, facilitando tudo que estava nas suas possibilidades e atribuições. Ao amigo e Dr. Nelson de Lima Ribeiro Filho que ajudou e sempre esteve disposto a agregar e melhorar a tese, além de ter contribuído na fase de revisão, formatação e processamento de dados deste trabalho. Aos amigos e companheiros do GSED em especial ao Drs. Renato Sol Paiva de Medeiros, Alexandre Ribeiro Cardoso e Cleber Eduardo Neri Rabelo que contribuíram nas imagens ou discussões .

“ O SENHOR é a minha luz e a minha salvação; a quem temerei? O SENHOR é a força da minha vida; de quem me recearei? Quando os malvados, meus adversários e meus inimigos, se chegaram contra mim, para comerem as minhas carnes, tropeçaram e caíram. Ainda que um exército me cercasse, o meu coração não temeria; ainda que a guerra se levantasse contra mim, nisso confiarei” (Salmos 27-1:3)”.

RESUMO

Estudos geológicos em conjunto com aplicações de técnicas geofísicas estão sendo bastante utilizados para destacar e caracterizar anomalias gravimétricas do CAMP ao longo do Norte do Brasil, incluindo as bacias dos Solimões, Parecis, do Amazonas e Parnaíba. Interpretações de anomalias gravimétricas residuais destas bacias foram utilizadas para ampliar a compreensão da distribuição do CAMP ao longo da subsuperfície. Este estudo foi realizado por meio de interpretações qualitativas e quantitativas de dados gravimétricos, apoiadas em informações geológicas superficiais, principalmente dados estratigráficos baseados em afloramentos. A partir de uma modelagem gravimétrica direta, baseada em modelos de estrutura gravitacional da crosta disponíveis para separar um sinal de gravidade residual dos dados de gravidade observados, interpretou-se características geológicas e tectônicas realisticamente detalhadas, fornecendo informações úteis para uma interpretação geofísica de fontes geológicas. Com a anomalia residual, obteve-se o mapa da espessura elástica (T_e) das bacias, a partir de um novo procedimento, permitindo presumidamente preencher algumas lacunas apresentadas na literatura atual sobre o CAMP. Para cada valor de T_e foi calculado o sinal gravimétrico residual, considerando as superfícies descritas pela topografia e profundidade da Moho para um modelo regional com densidade padrão e discretizado em prismas. A correlação cruzada entre o sinal gravimétrico observado e o sinal gravimétrico calculado permitiu obter o mapa da espessura elástica das áreas estudadas. O maior valor de correlação está diretamente relacionado ao melhor valor de espessura elástica e profundidade da Moho associados à deformação da crosta. Nosso estudo utilizou a combinação dessas técnicas para presumidamente definir a possível extensão do magmatismo do Jurássico, a reologia das bacias na intrusão de corpos ígneos e a história de subsidência térmica que controlou amplamente o controle deposicional durante e depois do CAMP. A presença de baixos valores de gravidade está intimamente relacionada as unidades litológicas menos densas da crosta superior, enquanto os altos valores de gravidade são relacionados as rochas de alta densidade, correlacionadas aos basaltos de inundação toleíticos continentais do CAMP. O uso da anomalia gravimétrica residual, baseada em modelagem crustal e combinada com dados geológicos prévios, foi eficaz na identificação no registro do CAMP nestas bacias sedimentares da Amazônia. Outrossim, algumas assinaturas gravimétricas correlacionam-se bem com as principais discontinuidades estruturais, particularmente com o Domo Monte Alegre e arcos de Xambioá, Serra Formosa e Vilhena, respectivamente, nas bacias do Amazonas, Parnaíba e Parecis. Esta interpretação fornece uma explicação razoável para a compreensão de lineamentos estruturais sem conotações exclusivamente tectônicas, presumindo uma nova interpretação para o campo gravitacional

relacionado ao contraste de densidade intracrustal ou campo gravimétrico residual para essas bacias. O Gondwana ocidental foi gradualmente soerguido pelos corpos subvulcânicos do magmatismo Penatecaua nas bacias do Amazonas e do Solimões. Em contrapartida, o vulcanismo extrusivo caracteriza o magmatismo Mosquito na bacia do Parnaíba intercalado com sedimentos intertrap. Informações obtidas a partir do mapa da espessura elástica, profundidade da moho e sinal gravimétrico residual indicam uma crosta mais fina na bacia do Parnaíba favorecendo a erupção magmática induzida por um hot spot instalado na borda oeste da bacia. Por outro lado, nas bacias com crosta mais densa e espessa, o magma acumula-se principalmente como soleiras, proporcionando maior resistência à ruptura pelo intumescimento do CAMP. A Bacia do Parnaíba experimentou três pulsos magmáticos em intervalos de aproximadamente 1 milhão de anos, alternando com o desenvolvimento de sistemas eólico-fluvial-lacustres (sedimentos intertrap) durante períodos não magmáticos, indicando curtos intervalos de retomada magmática e resfriamento no CAMP, contrastando com o magmatismo mais longo e contínuo nas bacias do Amazonas e do Solimões, que carecem de depósitos intertraps. Estes resultados são importantes para uma nova disposição da história tectonomagmática, estrutural e estratigráfica destas bacias, pois a partir de um novo contexto ou evolução geológica para a área permitirá uma melhor compreensão das bacias estudadas na interação lava-sedimento, preservadas do Jurássico e relacionado aos eventos CAMP, que precederam a principal ruptura continental no noroeste da Pangeia.

Palavras-chave: geologia-Amazônia; camp; modelagem crustal; anomalia gravimétrica; espessura crustal.

ABSTRACT

Geological studies in conjunction with applications of geophysical techniques are being widely used to highlight and characterize CAMP gravimetric anomalies throughout Northern Brazil, including the Solimões, Parecis, Amazonas and Parnaíba basins. Interpretations of a residual gravimetric anomaly from these basins were used to expand the understanding of the distribution of CAMP throughout the subsurface. This study was carried out through qualitative and quantitative interpretations of gravimetric data, supported by surface geological information, mainly stratigraphic data based on outcrops. From direct gravimetric modeling, based on available crustal gravitational structure models to separate a residual gravity signal from observed gravity data, realistically detailed geological and tectonic features were interpreted, providing useful information for a geophysical interpretation of geological sources. With the residual gravity anomaly, a map of the elastic thickness (T_e) of the basins was obtained, using a new procedure, presumably allowing some gaps presented in the current literature on the CAMP to be filled. For each T_e value, the residual gravimetric signal was calculated, considering the surfaces described by topography and Moho for a regional model with standard density and discretized into prisms. The cross-correlation between the observed gravity signal and calculated gravity signal made it possible to obtain a map of the elastic thickness of the studied areas. The highest correlation value is directly related to the best value of elastic thickness and Moho depth associated with crustal deformation. Our study used a combination of these techniques to presumably define the possible extent of Jurassic magmatism, the basin rheology of igneous body intrusion and history of thermal subsidence that largely controlled depositional control during and after the CAMP. The presence of low gravity values is closely related to the less dense lithological units of the upper crust, while the high gravity values are related to high-density rocks correlated to the continental tholeiitic flood basalts of the CAMP. The use of residual gravity anomaly based on crustal modeling combined with previous geological data was effective in identifying the CAMP record in these Amazonian sedimentary basins. Furthermore, some gravimetric signatures correlate well with the main structural discontinuities, particularly with the Monte Alegre Dome and Xambioá, Serra Formosa and Vilhena arches, respectively, in the Amazon, Parnaíba and Parecis basins. This interpretation provides a reasonable explanation for understanding structural lineaments without exclusively tectonic connotations, assuming a new interpretation for the gravitational field related to intracrustal density contrast or residual gravity field for these basins. Eastern Gondwana was gradually uplifted by subvolcanic bodies of the Penatecaua magmatism in the Amazon and Solimões basins. In contrast, extrusive volcanism characterizes Mosquito

magmatism in the Parnaíba basin interspersed with intertrap sediments. Information obtained from the elastic thickness map, Moho depth and residual gravity signal indicate a thinner crust in the Parnaíba basin favoring the magmatic eruption induced by a hot spot installed on the western edge of the basin. On the other hand, in basins with denser and thicker crust, magma accumulates mainly as sills, providing greater resistance to rupture due to the swelling of the CAMP. The Parnaíba Basin experienced three magmatic pulses at intervals of approximately 1 Myr, alternating with the development of aeolian-fluvial-lacustrine systems (intertrap sediments) during non-magmatic periods, indicating short intervals of magmatic resumption and cooling in the CAMP, contrasting with the longer and continuous magmatism in the Amazon and Solimões basins, which lack intertrap deposits. These results are important for a new disposition of the tectonomagmatic, structural and stratigraphic history for these basins, since from a new context or geological evolution for the area it will allow a better understanding of the studied basins in lava-sediment interaction, preserved from the Jurassic and related to the CAMP events, which preceded the main continental rupture in northwestern Pangea.

Keywords: geology-Amazon; camp; forward gravity modeling; gravity anomaly; crustal thickness.