

Integração geológica da zona de ultra-alta pressão de Forquilha – NW da Província Borborema



Bolsista: Kauan Martins dos Santos

<k171456@dac.unicamp.br>

Orientador: Ticiano José Saraiva dos Santos

<ticiano@ige.unicamp.br>



Instituto de Geociências

RESUMO

A área alvo da integralização localiza-se no noroeste do Ceará, geologicamente inserida no Domínio Ceará Central (DCC), na Província da Borborema (PB). Nesse Domínio, destaca-se o Arco Magmático Continental Santa Quitéria (AMCSQ). Entre o AMCSQ e o lineamento Transbrasiliano ocorre a Zona de Ultra-Alta Pressão de Forquilha, formada por rochas para- e orto-derivadas, migmatizadas em algumas porções. Nesta região há mapas geológicos desenvolvidos em trabalhos de iniciação científica, conclusão de curso, mestrado e doutorado realizados por estudantes do Instituto de Geociências da UNICAMP, com escalas variando de 1:10.000 a 1:50.000. No trabalho presente foi feita a integração desses mapas visto que não havia padronização quanto estruturas e litotipos, além de que seus limites não estavam conexos e/ou divergiam. Para tal integração os mapas foram processados na plataforma GIS, no software ArcMap 10.8, com auxílio em companhia de uma imagem feita pelo satélite Landsat 8 OLI/TIRS no dia 29 de outubro de 2019 da região, e, como base, o mapa geológico do Projeto NW do Ceará da CPRM (PNWC) de 2015. Os mapas que estavam em diferentes formatos, foram georreferenciados e transformados em *shapfiles*. Posteriormente, a imagem de satélite foi tratada no ENVI Classic 5.5 para adquirir a composição falsa cor RGB 751 e maior contraste, mostrando-se suficiente para a distinção de litotipos e estruturas, gerando um mapa foto-interpretado que auxiliou, juntamente com o PNWC e um mapa de elevação digital gerado no ArcMap a partir de uma imagem SRTM, a definição de contatos em áreas onde não ocorreu mapeamento de detalhe e/ou houve divergência de interpretação dos autores. Foram comparadas as áreas mapeadas assim como as descrições realizadas com o intuito de padronizar as rochas e as estruturas, definir contatos não traçados. E, por fim, foi gerado um mapa geológico na escala 1:50.000 abrangendo um polígono à leste de Forquilha de 1.885,5 km², com destaque há uma faixa de direção N-S na porção localizada a SW da Serra do Barriga, onde ocorrem lentes de retro-eclogitos encaixadas em rochas cálcio-silicáticas e gnaisses.

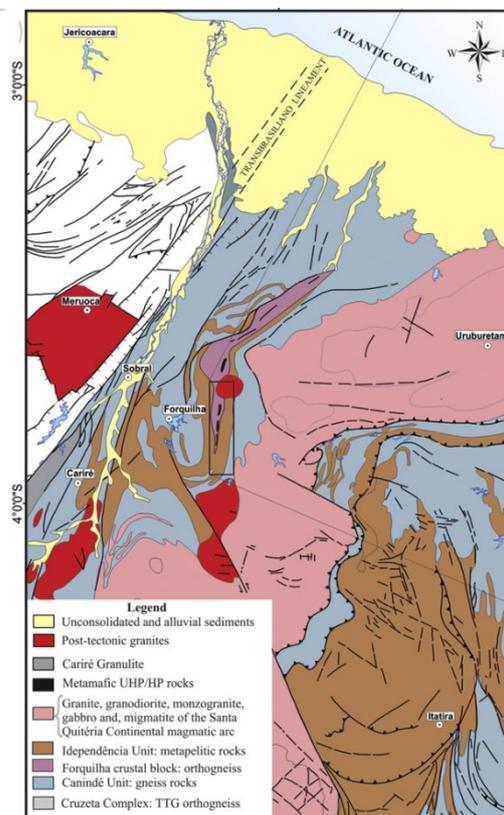


Figura 1- Geologia regional da porção NW da Província Borborema. (Santos et al., 2015; modificado de Fetter et al., 2003)

Materiais e Métodos

As etapas realizadas envolveram o georreferenciamento dos mapas de trabalhos anteriores, converter os arquivos que estavam nos formatos PDF e CDR para MXD, padronização das unidades geológicas, fotointerpretação e a elaboração de três perfis geológicos.

Georreferenciamento

No ambiente de trabalho do *software* ArcMap 10.8, os arquivos que não estavam no formato MXD foram adicionados e georreferenciados a partir do sistema de coordenadas WGS 84 UTM ZONE 24S, possibilitando assim que *layers* que contem informações geológicas fossem criados sobre o mapa pré-existentes, permitindo assim que fossem manuseados no ambiente GIS.

Padronização das unidades geológicas

Para que haja coerência na integração dos mapas geológicos, há a necessidade de que as unidades geológicas estejam nomeadas seguindo um padrão, o que não ocorre nos mapas que foram utilizados no trabalho. Nota-se que, além de contatos geológicos não coincidirem, em muitos casos, não há continuidade de um mapa para o outro.

Observa-se que os autores consideraram diferenças ao descrever rochas que compartilham a mesma posição geográfica, portanto deveriam possuir a mesma nomenclatura e compartilhar da mesma legenda. Foi feita uma comparação com a geologia regional, com o mapa da Carta geológica: folha Sobral-SA.24-Y-D-IV 1:100.000 com o que os autores descreveram. Foi então elaborada uma tabela onde, com as descrições disponíveis, foram unidas unidades que receberam nomenclaturas diferentes a partir da comparação mineralógica, organizando em cores e símbolos que foram reproduzidas, devidamente acompanhadas de uma breve descrição, no mapa final.

Fotointerpretação

Na área de estudo há porções onde não houve mapeamento geológico em escala de detalhe, portanto há necessidade de fotointerpretação para que uma conclusão mais profunda possa ser tomada.

Para uma fotointerpretação coerente foi utilizado uma imagem de elevação digital que engloba toda a área, sendo este produzido a partir de imagens SRTM obtidas do USGS; imagem do satélite Landsat 8 tratada em falsa cor (RGB 751), editada no software ENVI 5.3 (64 bit); carta geológica da Folha Sobral (SA.24-Y-D-IV) na escala 1:100.000; mapas geológicos em diferentes escalas (Cuoco, 2003; Amaral, 2004; Araújo, 2006; Torresi, 2006; Berguer, 2007; Ancelmi, 2008; Reginatto, 2009; Ancelmi, 2011).

A partir das imagens e mapas supracitados, foram identificados padrões de relevo com o auxílio do mapa de elevação digital e do contraste na imagem falsa cor para cada unidade descrita, então foi possível estender os contatos geológicos e estruturas.

Perfil Geológico

Além de acrescentar à evolução tectônica da área de estudo, foram elaborados três perfis geológicos. O primeiro corte foi feito na porção sul do mapa, englobando rochas do AMCSQ, da Unidade Canindé

e da Suíte Pajé, com destaque na Zona de Cisalhamento Groaíras. O segundo foi realizado na porção central, ao sul da Serra do Barriga, exibindo o contato do AMCSQ com rochas da Unidade Canindé, e destas com a Unidade Independência, sendo a que a última, após uma zona de transcorrência, é colocada novamente ao lado da Unidade Canindé. Por fim um perfil na porção norte que exibe o contato de rochas do embasamento com a Unidade Canindé a partir de uma transcorrência.



Figura 2 – Porções mapeadas em escalas entre 1:10.000 e 1:50.000 na área de estudo sobre imagem Landsat falsa cor 751

Resultados e discussão

Eventos deformacionais

A estrutura interna contida em terrenos gnáissicos de alto grau é complexa e nesta porção do Domínio Ceará Central, a partir da fotointerpretação realizada, foi possível notar três padrões estruturais, sendo estes também formados em eventos distintos. O primeiro padrão está presente nas rochas do AMCSQ e na porção leste da Unidade Canindé. Nesta área é notável que a foliação mergulha, predominantemente, para leste obedecendo baixos ângulos, entre vinte e cinquenta graus, cavalgando as rochas para oeste. A foliação, de maneira geral, tende a acompanhar a foliação salvo em regiões próximas às zonas de cisalhamento onde passam a ter altos ângulos de mergulho e a foliação acompanha a deformação tectônica.

Na porção central do mapa, onde há o contato de rochas da Unidade Canindé com da Unidade Independência, nota-se que os mergulhos e cavalgamentos mantém o mesmo sentido, entretanto, gradualmente, o ângulo de mergulho da foliação aumenta, passando a margear o intervalo entre cinquenta e setenta graus e a lineação indica movimentação de norte para sul. O terceiro padrão é evidenciado na porção oeste da área de estudo, onde é possível notar foliações com alto ângulo de mergulho para oeste e outro grupo, com ângulo de mergulho até cinquenta graus, para leste. A lineação de estiramento mineral marca o movimento para S-SW, principalmente nas proximidades das falhas de empurrão à oeste do Granito da Serra do Barriga, região que parece ter sido afetada pelas zonas de transcorrência Humberto Montes e Forquilha. Na área de estudo há corpos graníticos que não foram alterados pelo metamorfismo, como a Suíte Pajé, Granito Serra do Barriga e os granitos do AMCSQ, exibindo apenas deformações geradas durante o movimento de transcorrência, portanto mais juvenis que os eventos tectônicos.

Contexto estrutural

A partir da bibliografia, da interpretação e dos perfis geológicos elaborados, é possível observar a interação entre rochas do AMCSQ com rochas das unidades Canindé, Independência e Suíte Pajé, assim como o contato entre rochas da Unidade Independência com rochas do embasamento e da cinemática convergente e transcorrente que ocorreu na região. Na porção sul há o Augen Gnaiss cavalgando sobre Biotita Gnaiss, ambos pertencentes ao AMCSQ, e este movimento é refletido sobre o mesmo Augen Gnaiss e o Granada Migmatito, que está em contato com a Suíte Pajé e com o Biotita Gnaiss já citado. A Suíte Pajé, afetada pelo movimento sinistral da Zona de Cisalhamento Groaíras, ao longo do perfil 1, está em contato com o Biotita Gnaiss da Unidade Independência, também afetada pela Zona de Cisalhamento Groaíras e posta ao lado de xistos com lente de Anfibólito da mesma Unidade. Na porção central há o Augen Gnaiss do AMCSQ, cavalgado sobre o Migmatito e este ao Biotita Gnaiss, ambos pertencentes a Unidade Independência. Após nova falha que cavalgou as rochas no sentido E-W sobre uma faixa granítica, há uma sequência de empurrões em rochas paraderivadas da Unidade Independência, obedecendo ao mesmo sentido do movimento já descrito. Inseridas nos Granada Gnaiss desta

Unidade, ocorrem lentes de retro-eclogito, de rochas cálcio silicáticas e anfibólitos, sugerindo uma subducção de crosta oceânica. Nota-se que o mergulho das camadas aumenta da direita para esquerda, mostrando que a colisão pode ter sido oblíqua e passou a ter caráter mais transcorrente entre o novo contato entre rochas da Unidade Independência com as rochas da Unidade Canindé que voltam a ocorrer na porção oeste. Ocorre o contato entre rochas do AMCSQ com rochas da Unidade Independência na porção norte, e estas com o embasamento. Nesta região observa-se, como em toda a porção oriental do mapa, rochas do AMCSQ cavalgando sobre o Biotita Gnaiss da Unidade Canindé. Em contato com esta rocha, delimitada por uma zona de cisalhamento nas proximidades e de mesma direção da falha transcorrente sinistral Humberto Montes, afloram rochas do embasamento que se sucedem pela intercalação de Augen Gnaiss e Biotita Xisto da Unidade Canindé e, da Zona de Cisalhamento Forquilha, novo contato com o embasamento.

Conclusão

Dada a fotointerpretação do presente trabalho e a interpretação dos autores Fetter et al. (2003) e Arthaud et al. (2008) que consideram o AMCSQ como arco continental, aqui é reforçada tal hipótese pelo cavalgamento de rochas paraderivadas, cálcio silicáticas e metamáficas na porção central da área integrada, correspondente a Faixa Eclogítica Forquilha com metamorfismo de alta P-T que originou gnaisses com paragênese contendo granada, cianita e sillimanita. Este ambiente evoluiu de margem continental passiva para ativa durante a evolução do AMCSQ, há 660 Ma, desenvolvido pouco antes da amalgamação da porção oeste do Gondwana (Fetter et al., 2003). Outro fator que sustenta esta hipótese é a presença de rochas metamáficas inclusas em orto e paragnaisses próximas às zonas de cisalhamento, sendo representadas por granada anfibólito, granada clinopiroxenito, lentes de metagabro-norito e finas lentes de eclogito (Santos et al., 2008). Estas lentes apresentam simplectitos de diopsídio e plagioclásio e hornblenda e plagioclásio, além de granada com corona de plagioclásio e uma inclusão de coesita (Santos et al., 2015), indicando uma assembleia mineral de pico metamórfico composta de granada + onfacita e quartzo (onfacita = diopsídio + albita; clinopiroxênio + plagioclásio + H₂O = hornblenda + quartzo) (Reginato, 2009) que foi submetida a pressão superior a 28 kbar numa subducção, como

mostram inclusões de coesita em granada (Santos et al., 2015). Neste contexto há um processo de subducção, cuja polaridade é discutida, que evolui de leste para oeste, com estruturação das rochas depositadas em ambiente de margem passiva sobre a atuação de esforços transpressionais e encurtamento crustal na mesma direção, gerando o falhamento, predominantemente norte-sul, na região. Zonas de transcorrência predominantemente sinistrais e ângulos de mergulho elevados na porção oeste da área de estudo podem indicar a continuidade de uma colisão oblíqua onde o regime principal passa a ser de transcorrência, milonizando as rochas adjacentes e colocando lado a lado rochas de diferentes contextos, como é o exemplo da porção do embasamento gnáissico presente a noroeste do Granito do Barriga. O estágio pós-colisional é representado pela granitogênese na Província Borborema, sendo

dividida em três estágios de formação por Brito Neves et al. (2003), admitindo intervalos entre 650 Ma a 625 Ma, 580 Ma a 570 Ma, considerados granitos acrescionários, e entre 545 Ma e 520 Ma, correspondendo aos processos intrusivos intraplaca. O Granito da Serra do Barriga, destacado na porção central do mapa, foi datado com idade de 522 Ma pelo método U-Pb (Mattos, 2005), pertencente ao último estágio, enquanto a Suíte Pajé representa a fase magmática bimodal final, com plútons de idade entre 490 Ma e 460 Ma (apud Zincone, 2011), assinalando um quarto e último estágio de magmatismo no Domínio Ceará Central.

Link para o mapa integrado:

<https://drive.google.com/file/d/1U7cGi-qUJHm5raWPw10C-XA3D5-S0wQ3/view?usp=sharing>

Bibliografia

- Amaral, W.S., Santos, T.J.S., Ancelmi, M.F. 2015. 1.57 Ga protolith age of the Neoproterozoic Forquilha eclogites, Borborema Province, NE-Brazil, constrained by U– Pb, Hf and Nd isotopes. **Journal of South American Earth Sciences**, 58, 210-222
- Arthaud, M.H. Evolução neoproterozoica do Grupo Ceara (Domínio CearaCentral, NE Brasil): da sedimentação à colisão continental brasileira (tese de PhD) Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília-DF, p. 107. 2007
- Fetter, A. H., dos Santos, T. J. S., Van Schmus, W. R., Hackspacher, P. C., de Brito Neves, B. B., Arthaud, M. H., ...

Agradecimentos

Primeiramente aos meus pais, Otto e Vera Lúcia, por terem me apoiado durante cada etapa da minha vida, me entregando sempre amor e força. A minha irmã e ao meu tio, Mariana e Alberto, sempre dispostos a me ouvir e aconselhar. Aos meus avós, João e Edineusa, por todo o carinho, incentivo e educação que me passaram durante a vida. Ao Prof. Dr. Celso Dal Ré Carneiro por ter alimentado meu interesse por Geociências durante os primeiros anos

& Wernick, E. Evidence for Neoproterozoic continental arc magmatism in the Santa Quitéria Batholith of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the assembly of west Gondwana. **Gondwana Research**, 6(2), 265-273.2003.

•Neves, B. B. *et al.* Tectonic history of the Borborema province. In: Cordani, U. G. *et al.* **Tectonic Evolution of South America**. Rio de Janeiro: 31st International Geological Congress, 2000. p. 151-182.

• Santos, T. J. S., da Silva Amaral, W., Ancelmi, M. F., Pitarello, M. Z., Fuck, R. A., & Dantas, E. L. U–Pb age of the coesite-bearing eclogite from NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for western Gondwana assembly. **Gondwana Research**, 28(3), 1183-1196. Abr. 2015

de graduação. Um agradecimento, em especial, ao Prof. Dr. Ticiano José Saraiva dos Santos por ter me oferecido esta oportunidade e depositado confiança para a realização deste trabalho, também pela sua paciência em transmitir seu conhecimento e pela sua compreensão durante todo o processo de pesquisa

Ao Programa de Iniciação Científica da UNICAMP e ao CNPq por fomentarem esta pesquisa e pelo investimento em Ciência no Brasil.