Campo de Velocidades das Ondas Sísmicas no Grupo Serra Geral da Bacia do Paraná

Nunes, Higo Oliveira - Serviço Geológico do Brasil – CPRM
Santos, Everton A. Martins dos - Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Copyright 2024, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no IX Simpósio Brasileiro de Geofísica, Salvador, 08 a 10 de outubro de 2024. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do X SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Resumo

Este trabalho propõe um modelo do campo de velocidades das ondas sísmicas no Grupo Serra Geral da Bacia do Paraná. Para isso fez-se a interpretação de 121 perfilagem de poços e de 150 linhas sísmicas 2-D levantadas nas últimas décadas nos estados do Mato Grosso do Sul, São Paulo e Paraná, com foco nas rochas vulcânicas do cretáceo inferior.

A análise das velocidades de empilhamento e da perfilagem sônica de poços apontam para velocidades das rochas desta formação variando de ~2.300 m/s a ~6.000 m/s. Isso demonstra uma larga variação no espectro de velocidade dessas rochas, que possuem, em média, mais altos valores de velocidade na província ígnea da parte sul do que na parte norte da bacia.

A causa desses contrastes de velocidade pode estar associada a diferenças na porosidade dos derrames vulcânicos.

Introdução

A Bacia do Paraná é uma bacia intracratônica paleozoica da Plataforma Sul-Americana com cerca de 1,5 milhões de km^2. Possui rochas sedimentares e vulcânicas datadas do ordoviciano ao cretáceo e com profundidade de até 7.000 m em seu depocentro (*Zalán et al., 1990*).

A sucessão de rochas vulcânicas do Grupo Serra Geral, no contexto da Supersequência Gondwana III, é amplamente distribuída ao longo da Bacia do Paraná. Seus derrames, de predominância básica, chegam a atingir 2.000 m de espessura no depocentro da bacia.

O campo de velocidades das ondas sísmicas do Grupo Serra Geral pode contribuir de diversas formas para a geociências. Uma dessas contribuições é para a indústria de hidrocarbonetos. *Schiuma* (1988) chama a atenção para descobertas de reservatórios de hidrocarbonetos em rochas vulcânicas. No caso da Bacia do Paraná, concluiu-se a importância do estudo de modelos análogos, como, por exemplo, os dos campos de Badejo e Linguado da Bacia de Campos, para o entendimento de reservatórios não-convencionais e o conhecimento do sistema permoporoso nas rochas vulcano-sedimentares do Grupo Serra Geral (*Reis et al., 2014*).

Outra aplicação que vem ganhando destaque é em pesquisas de captura e armazenamento de CO_2 (CCS) nos poros de rochas basálticas. Descobertas recentes sugerem que essas rochas são de grande potencial para reservatórios ígneos no caso de iniciativas de CCS (*Alzate Rubio*, 2024).

Como a velocidade de propagação das ondas sísmicas está indiretamente relacionada à porosidade da rocha, implica que contrastes negativos no campo de velocidades sísmicas podem estar associados a zonas de mais alta porosidade.

Metodologia/ Problema Investigado

Para construção do campo de velocidades das ondas sísmicas no Grupo Serra Geral da Bacia do Paraná foram utilizadas 150 seções *Post-Stack-Time-Migration* de levantamentos sísmicos levantados em sua maioria pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) e consistido com 121 poços perfurados e perfilados nas últimas décadas (Figura 1). Todos os dados estão da base de dados do Banco de Dados de Exploração e Produção (BDEP-ANP).

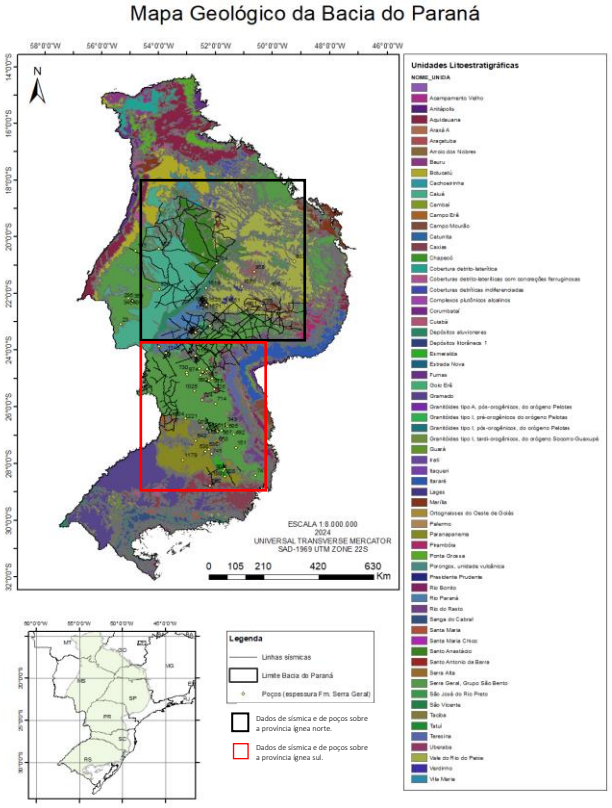


Figura 1. Localização das linhas sísmicas e poços

Os horizontes sísmicos do topo e da base do Grupo Serra Geral foram interpretados em todas as seções empilhadas das áreas de cobertura dos estados de Mato Grosso do Sul, São Paulo e Paraná (Figura 2) tendo como guia a amarração de poços (*White e Simm*, 2003) sobre ou próximos das linhas sísmicas (Figuras 3).

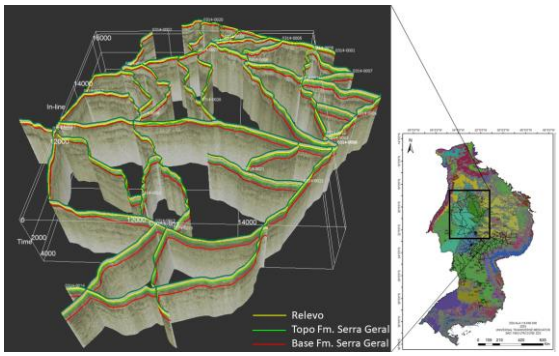


Figura 2. Visualização 3D dos horizontes interpretados do topo e base do Grupo Serra Geral em parte da província ígnea na porção norte (estado do Mato Grosso do Sul).

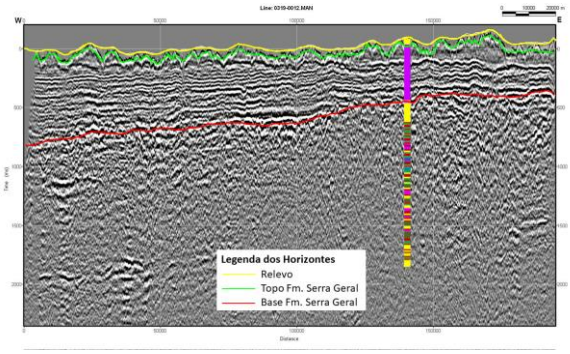


Figura 3. Seção sísmica 0319-0012 com interpretação do topo e base do Grupo Serra Geral a partir da amarração do poço 2-PP-1-SP, como exemplo de amarração.

Com todas as 150 seções sísmicas interpretadas e, quando possível, amarradas com furos de sondagem, calculou-se a velocidade média em cada traço sísmico no intervalo compreendido entre o topo e a base do Grupo Serra Geral. Já no caso dos poços, calculou-se a velocidade média ponderada levando-se em conta cada uma das espessuras dos derrames conforme as variações de velocidade na perfilagem sônica.

Resultados

O campo de velocidades do Grupo Serra Geral (Figura 4) aponta para uma ampla variação das velocidades médias de propagação das ondas sísmicas nos derrames de rochas vulcânicas, que vão desde ~2.300 m/s nas regiões mais azuladas do mapa, até ~6.000 m/s nas regiões mais avermelhadas. Percebe-se uma predominância de rochas de maior velocidade média na província ígnea da porção sul da bacia (~4.500 m/s a ~5.500 m/s) em relação a porção norte da província (~2.300 m/s a ~4.000 m/s).

Na porção norte, a falha do Rio Paraná, que divide os estados de São Paulo e Paraná do estado do Mato Grosso do Sul, separa dois domínios de rochas vulcânicas de baixa velocidade. Um primeiro e mais homogêneo do ponto de vista de velocidade de ondas sísmicas, concentrado no e estado do MS. Já o outro domínio, na região norte do estado do PR e oeste de SP, o campo de velocidades se apresenta com textura mais heterogenia, com anomalias de alta velocidade em meio a predominância de rochas vulcânicas de baixas velocidades.

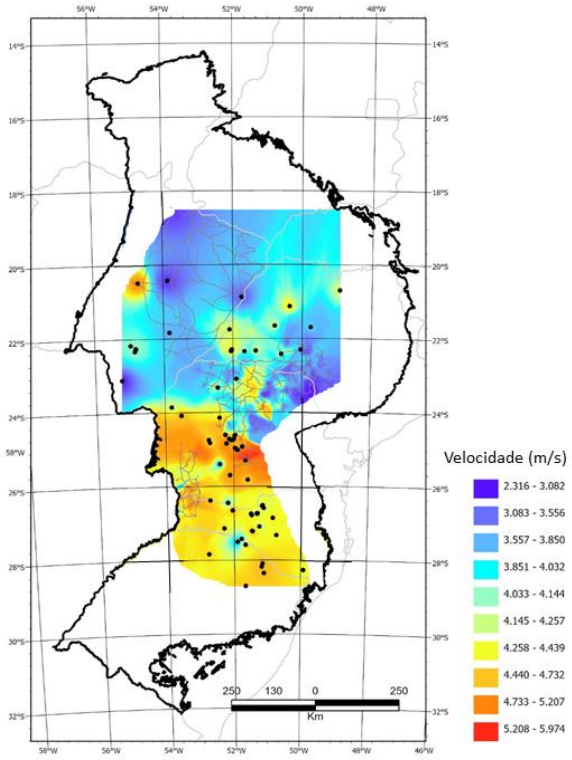
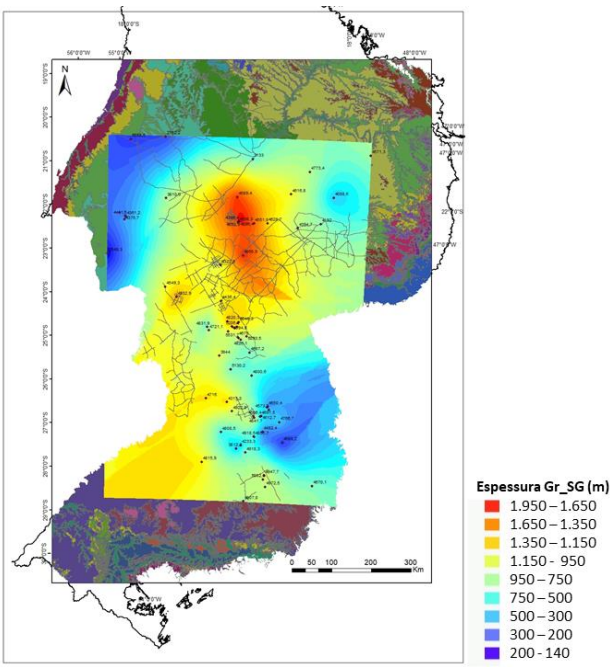


Figura 4. Campo de velocidades do Grupo Serra Geral

A conversão tempo-profundidade (Dix, 1955) com base no campo de velocidades da figura 4 gerará um modelo, ainda em construção, da geomorfologia do topo e base do Grupo Serra Geral. Por enquanto, um modelo prévio da espessura deste grupo (Figura 5), elaborado a partir apenas das velocidades da perfilagem sônica dos 121 poços, mostra um afinamento dos derrames vulcânicos na região centro-oeste do estado de SC (máximo de 500 m de espessura). Já a região norte do PR e oeste de SP são as zonas de maior espessamento do Grupo Serra Geral (até 2.000 m de espessura). Esse modelo ainda sofrerá alterações após a inserção do campo de velocidades da figura 4 na conversão tempo-profundidade dos dados sísmicos.



Discussão e Conclusões

O fato da porção norte da província ígnea do Grupo Serra Geral apresentar uma predominância de rochas vulcânicas de baixa velocidade sísmica em relação à porção sul sugere rochas vulcânicas menos densas naquela região. Essas regiões anômalas de baixa velocidade poderiam ser explicadas pelo aumento substancial da porosidade do pacote de rochas vulcânicas nessas zonas.

Dentre as possíveis causas desse aumento da porosidade dos depósitos, menciona-se aqui uma combinação de efeitos de rochas ígneas mais vesiculadas decorrentes da retenção de bolhas gasosas nos topos de derrames e da presença de depósitos vulcanoclásticos intercalados aos derrames basálticos e andesibasálticos (*Hernandez et al, 2022*). Estes depósitos podem, inclusive, tratar-se de importantes reservatórios de hidrocarboneto e, tendo condições físico-químicas necessárias, alvos de interesse para práticas de CCS (*Alzate Rubio, 2024*).

Agradecimentos

A todo o grupo de trabalho do projeto Bacia do Paraná do Serviço Geológico do Brasil (SGB), em especial à geóloga pesquisadora Magda Bergmann do SGB pelos ensinamentos durante atividades de campo.

Referências

Alzate Rubio, Valentina, 2024. CO2 mineralization process in basalt rocks: study case, Serra Geral Formation, Paraná sedimentary Basin, São Paulo state. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2024. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44142/tde-06032024-074438/. Acesso em: 08 jun. 2024.

Dix, C. H., 1955, Seismic velocities from surface measurements: Geophysics, 20, 68–86.

Hernandez, P. H. L; Licht, O. A. B; Besser, M. L; 2022; Os depósitos vulcanoclásticos e sua relação com a estrutura circular de vista alegre - Grupo Serra Geral no sudoeste do estado do Paraná. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, setor de Ciências da Terra. Disponível em: https://hdl.handle.net/1884/82927

Reis, G. S, Mizusaki; Ana M.; Ari Roisenberg & Rubbert R. R, 2014. Formação Serra Geral (Cretáceo da Bacia do Paraná): um análogo para os reservatórios ígneo-básicos da margem continental brasileira. Pesquisas em Geociências, 41 (2): 155-168, maio/ago. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

Schiuma, M. F. 1988. Reservorios de hidrocarburos en rocas ígneas fracturadas. BIP, p. 35-45.

White, Roy & Simm, Rob, 2003. Tutorial: Good practice in well ties, University of London. DOI:10.3997/1365-2397.21.10.25640.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/287551452_Tutorial_Good_practice_in_well_ties

Zalan, P. V.; Wolff, S.; M. A. M.; Vieira, I. S.; Conceição, J. C. J.; Appi, V. T.; Neto, E. V. S.; Cerqueira, J. R.; Marques, A.; 1990. The Paraná Basin, Brazil. In: Interior Cratonic Basins. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, Memoir 5 l, p.681-707.