

Mudanças mineralógicas e aspectos petrofísicos em reservatórios petrolíferos basálticos a partir da injeção de CO₂.

Palavras-Chave: Hidrocarbonetos, Reservatório, Co₂

Autores(as):

Henrique Ribas Serras, IG, UNICAMP

Prof. Dr. Alessandro Batezelli, IG, UNICAMP

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem ocorrido um aumento cada vez maior nos estudos sobre as emissões de CO₂ (dióxido de carbono), principal gás causador do efeito estufa na atmosfera terrestre, e que teve um aumento expressivo em sua concentração. Tal aumento ocorre desde o período da Revolução Industrial, onde antes desta, no início e metade do século XIX, as concentrações de CO₂ na atmosfera eram de aproximadamente 270 ppm (Mustafa et al., 2020), porém em medidas mais recentes, de 09 de maio de 2023, foi registrado uma concentração de aproximadamente 419 ppm (NOAA, 2023). Tamanho incremento, corresponde a um aumento de aproximadamente 50% na concentração de CO₂ na atmosfera. Os efeitos decorrentes têm sido estudados e discutidos no meio científico e social, em grandes eventos como o Acordo de Paris, em 2015, e tem sido associado principalmente às atividades antropogênicas, sendo a queima de combustíveis fósseis a que mais corrobora para tal aumento.

Tais efeitos são observáveis não só nos dados da concentração de CO₂ na atmosfera e nos crescentes aumentos na temperatura média do planeta, como nos fenômenos atmosféricos cada vez mais intensos e destrutivos, que promovem cada vez mais a discussão sobre a utilização e substituição dos combustíveis fósseis como matriz energética (Keeling et al., 1989), (Werre et al., 2019).

Uma das alternativas encontradas pelos cientistas e pela indústria para mitigar as emissões de dióxido de carbono na atmosfera, foi utilizar a técnica de armazenar CO₂ a partir da injeção em reservatórios geológicos. A técnica citada consiste na injeção de CO₂ em estado supercrítico, pois este apresenta um aumento de sua densidade e redução do seu volume relativo, facilitando sua difusão por entre os espaços porosos e permitindo uma maior eficiência e eficácia do armazenamento de CO₂.

Algumas condições são importantes para determinar se uma litologia tem ou não potencial para

servir de reservatório para o armazenamento de CO₂, dentre elas temos, valores adequados de

METODOLOGIA:

A execução deste projeto de pesquisa consistiu inicialmente na formação de um arcabouço bibliográfico sobre o entendimento das mudanças mineralógicas e dos aspectos petrofísicos em reservatórios petrolíferos basálticos a partir da injeção de CO₂. O passo seguinte foi a obtenção de 2 amostras da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná, do Município de Dois Vizinhos (PR). , de diferentes áreas da formação, de forma a se obter variações composicionais do basalto.

Na próxima etapa tais amostras foram moídas, passaram pelo processo de perda ao fogo (Figura A e B), em seguida foram fundidas e misturadas a temperatura de 1000° C, tendo como produto dois vidros (Figura C), estes, que foram analisados na FRX (fluorescência de raios-x) e foram obtidos os resultados mostrados na figura D.



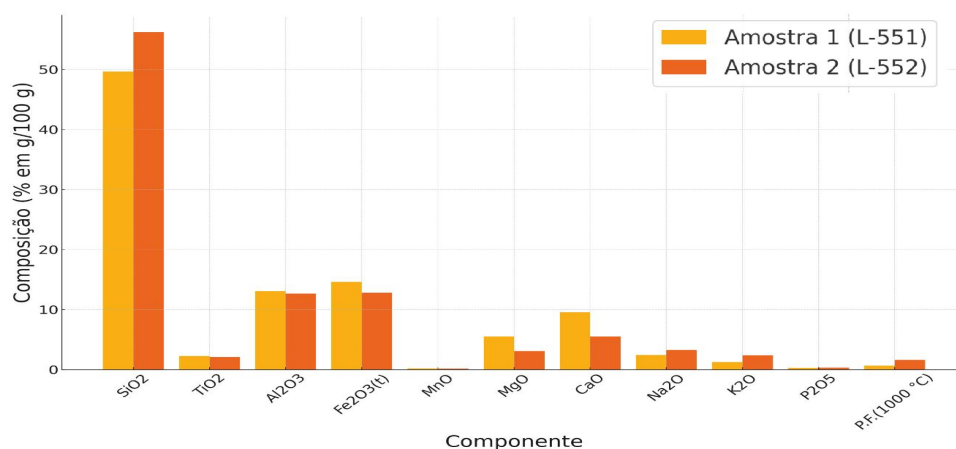
(A) Amostra L-551



(B) Amostra L-552



(C) Lentes de vidro



D) Gráfico de Composição de Elementos nas amostras de Basalto (L-551 e L-552).

Em relação ao início do processo de injeção de CO₂ nas amostras, ocorreu um atraso devido a disponibilidade e acesso a um aparato para tal, desta forma foi desenvolvido um estudo teórico sobre técnicas de química experimental e engenharia mecânica para o desenvolvimento e construção de um aparato onde será possível realizar a exposição das amostras de basalto ao CO₂. O aparato é composto de diversos componentes, cada um com um papel essencial. Seu aspecto geral pode ser visto em um esboço do aparato (Figura E), a seguir:

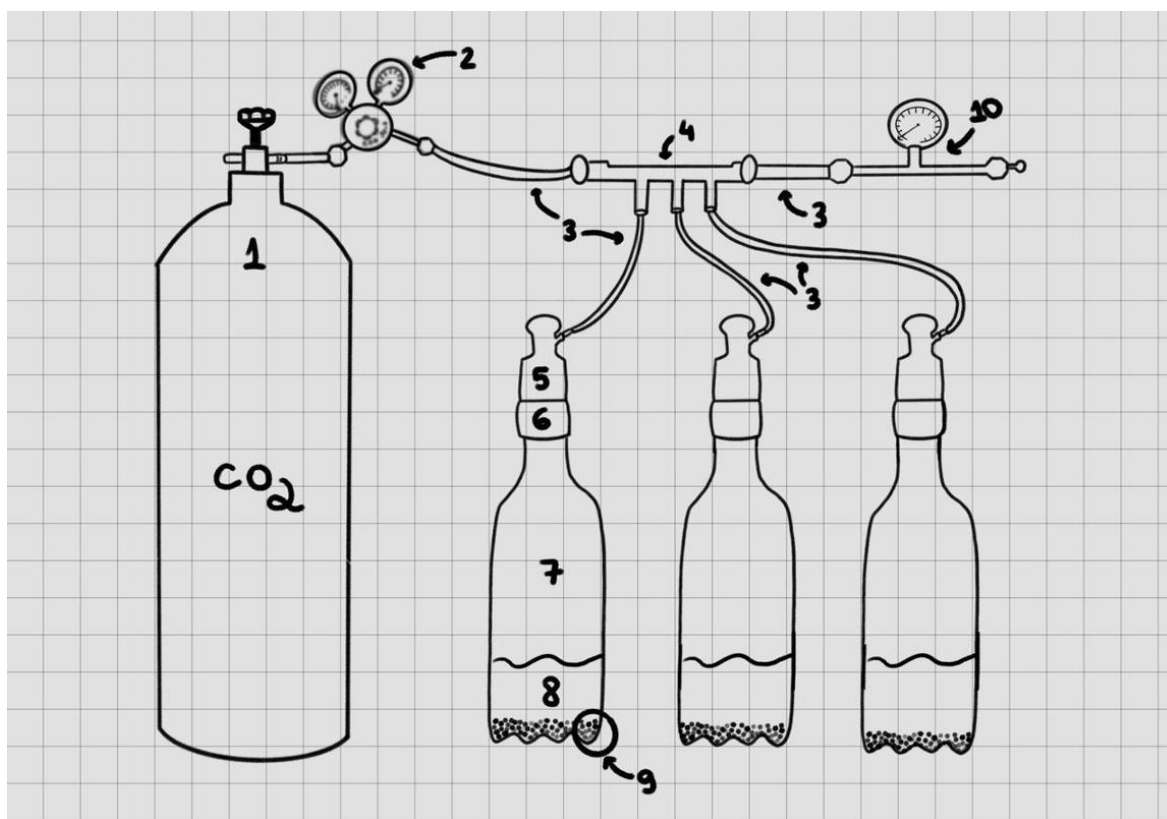


Figura (E) - Esboço do aparato de exposição ao CO₂ e seus componentes.

O aparato para exposição de basalto ao CO₂ é composto por um cilindro de CO₂ (1) conectado a um regulador de pressão (2), que se liga por uma mangueira de plástico (3) a um distribuidor pneumático de 4 saídas (4); três das saídas são conectadas por mangueiras a conjuntos de válvula ball lock (5) e carbonatadores com rosca PET (6), que se acoplam a garrafas PET (7); no interior das garrafas encontra-se água destilada (8) com amostras de basalto moído dissolvidas (9), formando o meio reacional para o processo de carbonatação mineral, enquanto um manômetro portátil (10) permite o monitoramento da pressão do sistema.

Os próximos passos do projeto consistirão na compra e construção do aparato e início da exposição das amostras ao CO₂, seguida da descrição e análise mineralógica das amostras, realizadas por meio de fluorescência de Raios-X e MEV após 3 meses de exposição das amostras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A motivação central do estudo reside na urgência de mitigar o aumento das emissões de CO₂, cuja concentração atmosférica saltou de aproximadamente 270 ppm no século XIX para 419 ppm em 2023 (Mustafa et al., 2020; NOAA, 2023), um incremento de cerca de 50% atribuído principalmente à queima de combustíveis fósseis. As consequências desse aumento, como o aquecimento global, eventos climáticos extremos, acidificação dos oceanos e perda de biodiversidade, reforçam a importância de alternativas como o sequestro de carbono (Keeling et al., 1989; Were et al., 2019).

O presente trabalho, embora em fase de desenvolvimento experimental, já apresenta resultados preliminares significativos e discussões pertinentes que delineiam o avanço da pesquisa sobre o armazenamento geológico de CO₂ em reservatórios basálticos, especificamente na Formação Serra Geral da Bacia do Paraná, mostrando assim que o Brasil pode possuir um grande potencial de pesquisa científica e da Indústria Petrolífera no ramo de CCS.

CONCLUSÕES:

O desenvolvimento do trabalho até o presente momento, fez-se concluir a importância do estudo e avanço em métodos que contribuam para diminuição das causas do aquecimento global e suas consequências para o planeta e para nós como sociedade, estas que já são observadas e estudadas nos dias atuais, por meio de eventos como climáticos extremos, acidificação dos oceanos e a perda de biodiversidade. (Keeling et al., 1989), (Were et al., 2019).

BIBLIOGRAFIA

- Anderson, T.R.; Hawkins, E.; Jones, P.D. CO₂, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models. *Endeavour*, v. 40, n. 3, p. 178-187, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.endeavour.2016.07.002>
- Bachu, S., W. Gunter, and E. Perkins, 1994, Aquifer disposal of co₂: hydrodynamic and mineral trapping: *Energy Conversion and management*, 35, 269–279.
- Baccini, A.; Goetz, S.J.; Walker, W.S.; Laporte, N.T.; SUN, M.; Sulla-Menashe, D.; Hacker, J.; Beck, P.S.A.; Dubayah, R.; Friedl, M.A.; Samanta, S.; Houghton, R.A. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. *Nature Climate Change*, v. 2, p. 182–185, 2012. <https://doi.org/10.1038/nclimate1354>
- Benson, S., Cook, P., Anderson, J., Bachu, S., Nimir, H., Basu, B., Bradshaw, J., Deguchi, G., Gale, J., von Goerne, G., Heidug, W., Holloway, S., Kamal, R., Keith, D., Loyd, P., Rocha, P., Senior, B., Thomson, J., Torp, T., . . . Whittaker, S. (2005). Underground geological storage. In Metz B, Davidson O, Coninck H, Loos M, & M. L. (Eds.), *IPCC special report on carbon dioxide capture and storage* (1st ed., pp. 195-276). Cambridge University Press.
- Gíslason, S. R., & Oelkers, E. H. (2014). Carbon storage in basalt. *Science*, 344(6182), 373-374. IEA -INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Paris - World Energy Outlook 2020. Paris, 464 p., 2020. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>
- Karstensen, J., Peters, G. P., Anfreu, R. M. Attribution of CO₂ emissions from Brazilian deforestation to 794 São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 41, n. 3, p. 779 - 795, 2022 consumers between 1990 and 2010. *Environ. Res. Lett.*, v. 8, n. 2, p. 1-7, 2013.
- Keeling, C. D., S. C. Piper, and M. Heimann, 1989, A three-dimensional model of atmospheric co₂ transport based on observed winds: 4. mean annual gradients and interannual variations: Aspects of climate variability in the Pacific and the Western Americas, 55, 305–363.
- Lackner, K. S., Wendt, C. H., Butt, D. P., Joyce Jr, E. L., & Sharp, D. H. (1995). Carbon dioxide disposal in carbonate minerals. *Energy*, 20(11), 1153-1170.
- McGrail, B. P., Schaef, H. T., Ho, A. M., Chien, Y. J., Dooley, J. J., & Davidson, C. L. (2006). Potential for carbon dioxide sequestration in flood basalts. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 111(B12), 1-13.
- Mustafa, F., L. Bu, Q. Wang, M. A. Ali, M. Bilal, M. Shahzaman, and Z. Qiu, 2020, Multi-year comparison of co₂ concentration from noaa carbon tracker reanalysis model with data from gosat and oco-2 over asia: *Remote Sensing*, 12. NOAA, 2023, Global monitoring laboratory (earth system research laboratories) -trends in atmospheric carbon dioxide: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/global.html>.
- ORITA, Gustavo Kenji Lacerda et al. CAPTURA E ARMAZENAMENTO DE CO₂: UMA REVISÃO DAS TECNOLOGIAS EXISTENTES, CARBONATAÇÃO IN SITU DE BASALTOS E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DA FORMAÇÃO SERRA GERAL COMO RESERVATÓRIO DE CO₂: Carbon capture and storage: a review about current technologies, in situ carbonatation of basalts, and the evaluation of the Serra Geral Group as a potential CO₂ reservoir. **Geosciences= Geociências**, v. 41, n. 3, p. 779-795, 2022.
- Ravagnani, A. M. T.-E. d., 2007, Sequestro de co₂ considerando injeção em campos maduros. ana teresa ferreira da silva gaspar ravagnani: PhD thesis, Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas
- Streck, C.; Keenlyside, P.; Von Unger, M. The Paris São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 41, n. 3, p. 779 - 795, 2022 795 Agreement: A New Beginning, *Journal for European Environmental & Planning Law*, v. 13, n.1, p. 3-29, 2016. doi: <https://doi.org/10.1163/18760104-01301002>
- Were, D., F. Kansime, T. Fetahi, A. Cooper, and C. Jjuuko, 2019, Carbon sequestration by wetlands: a critical review of enhancement measures for climate change mitigation: *Earth Systems and Environment*, 3, 327–340.