

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), (Were 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

porosidade, permeabilidade e reatividade geoquímica (adsorção e absorção), uma rocha selante satisfatória, e estar localizado em regiões geologicamente estáveis (sem a presença de atividades tectônicas, que possam favorecer o escape do CO₂ armazenado).

Classicamente, o armazenamento de CO₂ utiliza reservatórios sedimentares, mas uma nova opção vem surgindo, nela o CO₂ é armazenado em rochas máficas ou ultramáficas, por exemplo, o basalto (McGrail et al., 2006; Matter et al., 2009; McGrail et al., 2011). Através deste processo, o CO₂ reage com os minerais máficos do basalto para formar carbonatos que conduzem ao armazenamento sob a forma de minerais sólidos (Lackner et al., 1995; McGrail et al., 2006; Gíslason & Oelkers, 2014).

Baseado no exposto, o trabalho tem como objetivo o entendimento das mudanças mineralógicas e dos aspectos petrofísicos em reservatórios petrolíferos basálticos a partir da injeção de CO₂. A partir de ensaios laboratoriais, serão utilizados aparatos de injeção de CO₂ em amostras de basaltos a fim de verificar as variações mineralógicas e mudanças na porosidade e permeabilidade dos basaltos vesiculares e fraturados da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná.

CONTEXTO HISTÓRICO:

Em 1988 foi criado o IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (ou Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), com o objetivo de chamar a atenção para discussão sobre o tema das mudanças climáticas, para tal ele vem publicando de maneira intermitente vários relatórios, com o intuito de fornecer uma fonte confiável e segura sobre o conhecimento que se tem sobre as causas e efeitos das mudanças climáticas. Vale ressaltar que “o efeito-estufa é um fenômeno natural da atmosfera terrestre, em que gases como CO₂, CH₄, NO₂, absorvem e conservam parte da radiação solar que é refletida da superfície da Terra para o espaço, resultando em um aumento da temperatura média da atmosfera” (Orita, Gustavo & Cruz 2022).

Tal fenômeno é um dos principais componentes no processo de equilíbrio de manutenção da estabilidade térmica da atmosfera terrestre, porém é observado por meio dos dados, que desde a Revolução Industrial, tal efeito tem se intensificado, devido a emissão antropogênica de CO₂ decorrente de desflorestamento e agropecuária e a queima de combustíveis fósseis (Baccini et al., 2012; Karstensen et al., 2013).

Para fundamentar tal ponto, é importante entender que “o rápido aumento na concentração de CO₂ atmosférico desde o início da Revolução Industrial não tem precedentes no registro geológico, saltando de ~280 ppm em 1850 para ~420 ppm após a primeira década do século XXI” (Orita, Gustavo & Cruz 2022).

Frente a tal cenário, ao longo dos anos seguiu-se diversos esforços internacionais visando atrair diversos países para a discussão, de forma a conscientizá-los da importância e urgência do tema, para

que houvesse maior aderência deles em tratados de diminuição das emissões de CO₂, alguns exemplos são o Protocolo de Quioto de 1997 e o Acordo de Paris, assinado em 2015, este, assinado por 195 países (Anderson et al., 2016; Streck et al., 2016).

Apesar dos acordos e dos vários esforços feitos, estes não foram suficientes, e considerando o fato de que diminuir a emissão de CO₂ antropogênico é o principal fator de mitigação do aquecimento global, iniciou-se um incentivo para pesquisas não só da diminuição da emissão mas também da remoção de CO₂ da atmosfera, a tecnologia tal é chamada de Carbon Capture and Storage (CCS – ‘Captura e armazenamento de carbono’ em tradução livre), que é “um conjunto de tecnologias que tem como finalidade capturar CO₂ e armazená-lo em reservatórios seguros, impedindo que estes se dissipam pela atmosfera terrestre e, portanto, reduzindo a emissão/concentração total de CO₂ na atmosfera” (Orita, Gustavo & Cruz 2022).

A CCS não é uma tecnologia nova, pois seu potencial é conhecido há décadas, mas sua implementação seja em usinas ou em plantas industriais tem sido lenta (IEA, 2020). Desde 2017 o interesse em CCS tem aumentado, já havendo anúncio de planos para a construção de mais de 30 instalações para aplicação da técnica na Europa e nos EUA (IEA, 2020).

Desta forma é possível entender a importância do estudo e desenvolvimento de pesquisas no tema de CCS e a injeção de CO₂ em reservatórios geológicos, sendo as mudanças mineralógicas e aspectos petrofísicos em reservatórios petrolíferos a partir da injeção de CO₂, um tema de extrema relevância para entender a possibilidade e o potencial de implementação dessa tecnologia não só nos Eua e Europa, como no Brasil.

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 é a obtenção de amostras da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná, de diferentes áreas da formação, de forma a se obter variações composicionais do basalto.

A próxima etapa consiste na realização de ensaios laboratoriais, onde serão utilizados aparatos de injeção de CO₂ em amostras de basaltos a fim de verificar as variações mineralógicas e mudanças na porosidade e permeabilidade dos basaltos vesiculares e fraturados da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná. A primeira fase de análise consiste na caracterização mineralógica e geoquímica das amostras de basalto (antes do processo de injeção de CO₂) por meio de lâminas delgadas, MEV, difração e fluorescência de Raios-X. Em seguida, as amostras serão submetidas à injeção de CO₂ por um período

de 3, 6 e 12 meses. Após esses períodos, serão feitas novas análises a fim de observar as mudanças ocorridas. Como resultado, espera-se a construção de uma base de dados sobre os aspectos mineralógicos e mudanças associadas à injeção de CO₂ e sua influência na porosidade e permeabilidade dos basaltos da referida formação.

CONCLUSÃO:

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., Anfrew, 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.