

9 – FOSFORITAS DA MARGEM CONTINENTAL BRASILEIRA *PHOSPHORITES FROM THE BRAZILIAN CONTINENTAL MARGIN*

José Gustavo Natorf de Abreu

Laboratório de Oceanografia Geológica - LOG

Escola do Mar, Ciência e Tecnologia - EMCT

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI

Resumo

Fosforita são rochas sedimentares autigênicas com teores variáveis de fosfato (PO_4^{3-}) que ocorrem em ambientes marinhos de baixa sedimentação terrígena, no bordo das plataformas continentais e talude superior, em médias e baixas latitudes e, no máximo até 1000m de profundidade. Podem se formar também no topo de montanhas e platôs. O fósforo é um elemento básico para vários processos bioquímicos e desempenha função essencial no metabolismo molecular de seres vivos, representando um fator crítico para os cultivos vegetais. Muitas vezes a sua concentração no solo não é suficiente para suprir as necessidades de crescimento das plantas, precisando, por esta razão, ser resposto após ter sido retirado nas colheitas. Assegurar a produção de alimentos para a atual população mundial e para as futuras gerações é um desafio para governantes e gestores públicos e privados. O propósito deste capítulo é abordar a origem das fosforitas marinhas, considerando as fontes do fósforo e o ciclo deste elemento nas águas oceânicas, a geomorfologia da área de ocorrência e, em seguida, descrever a mineralogia das amostras coletadas e os aspectos econômicos, destacando a produção brasileira e mundial. Finalmente se faz algumas considerações sobre o futuro da prospecção da fosforita na margem continental do Brasil e sobre a importância de se descobrir novas fontes de rochas fosfáticas numa projeção de aumento da demanda pelos produtos manufaturados à base de fosfato.

Palavras-chave: rochas sedimentares fosfatadas, recursos minerais marinhos, Margem Continental Brasileira.

Abstract

Phosphorite are autogenic sedimentary rocks with variable phosphate contents (PO_4^{3-}) that occur in marine environments of low terrigenous sedimentation, on the edge of continental shelves and upper slope, in medium and low latitudes and, at most, up to 1000m deep. They can also form on top of mountains and submarine plateaus. Phosphorus is a basic element for several biochemical processes and plays an essential role in the molecular metabolism of living beings, representing a critical factor for plant crops. Often, its concentration in the soil is not sufficient to meet the growing needs of plants and, for this reason, it needs to be replaced after being removed from the crops. Ensuring food production for the current world population and for future generations is a challenge for governments and public and private managers. The purpose of this chapter is to address the origin of marine phosphorites, considering the sources of phosphorus and the cycle of this element in ocean waters, the geomorphology of the area of occurrence and then describe the mineralogy of the collected samples and the economic aspects, highlighting the Brazilian and world production. Finally, some considerations are made about the future of prospecting for phosphorite in the continental margin of Brazil and the importance of discovering new sources of phosphate rocks in a projected increase in demand for phosphate-based manufactured products.

Keywords: phosphate sedimentary rocks, marine mineral resources, Brazilian Continental Margin.

☒ Nota dos Organizadores: o manuscrito deste capítulo foi produzido em abril de 2022.

Referências Bibliográficas

ABRAM, M. B.; BAHIANSE, I. C.; PORTO, C. G.; BRITO, R. S. C. (Orgs.). 2011. Projeto Fosfato Brasil – Parte I. Informe de Recursos Minerais. Série Insumos Minerais para Agricultura 13, Serviço Geológico do Brasil, CPRM, Salvador. 526 p.

ABRAM, M. B.; CUNHA, I. A.; ALMEIDA, R. C. (Orgs.). 2016. Projeto Fosfato Brasil – Parte II. Informe de Recursos Minerais. Série Insumos Minerais para Agricultura 17. Serviço Geológico do Brasil, CPRM, Salvador. 1346 p.

ABREU, J. G. N.; CORRÊA, I. C. S.; HORN-FILHO, N. O.; CALLIARI, L. J. 2014. Phosphorites of the Brazilian Continental Margin, Southwestern Atlantic Ocean. *Brazilian Journal of Geophysics*, 32: 539–548. DOI: [10.22564/rbgf.v32i3.508](https://doi.org/10.22564/rbgf.v32i3.508).

BAIOUMY, H. M. 2013. Effect of the depositional environment on the compositional variations among the phosphorite deposits in Egypt. *Russian Geology and Geophysics*, 54: 454–463. DOI: [10.1016/j.rgg.2013.03.007](https://doi.org/10.1016/j.rgg.2013.03.007).

BAKER, K. B.; BURNETT, W. C. 1998. Distribution, texture and composition of modern phosphate pellets in Peru shelf muds. *Mar. Geol.*, 80: 195–213. DOI: [10.1016/0025-3227\(88\)90090-4](https://doi.org/10.1016/0025-3227(88)90090-4).

BATURIN, G. N. 1969. Authigenic phosphorite concretions in Recent sediments of the shelf of the southwest Africa. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 183: 6.

BATURIN, G. N. 1971. Stages of phosphorite formation on the ocean floor. *Nature Phys. Sci.*, 232(29): 61–62. DOI: [10.1038/physci232061a0](https://doi.org/10.1038/physci232061a0).

BATURIN, G. N. 1982. Phosphorites on the sea floor: origin, composition and distribution. New York: Elsevier Scientific Publishing Company. *Developments in Sedimentology*, 33: 343p.

BATURIN, G. N. 1988. Disseminated phosphorus in oceanic sediments – A review. *Mar. Geol.*, 84: 95–104. DOI: [10.1016/0025-3227\(88\)90127-2](https://doi.org/10.1016/0025-3227(88)90127-2).

BATURIN, G.N.; BEZRUKOV, P.L. 1979. Phosphorites on the sea floor and their origin. *Mar. Geol.*, 31: 317–332. DOI: [10.1016/0025-3227\(79\)90040-9](https://doi.org/10.1016/0025-3227(79)90040-9).

BATURIN G. N.; PETELIN, V. P. 1972. Phosphorite concretions on the shelf of Chile. *Litol. Polezn. Iskop*, 3.

BATURIN, G. N.; KOCHENOV, A. V.; DUBINCHUK, V. T. 1982. (Table 2) Contents of U, P₂O₅, CO₂, and TOC in phosphorites from Pacific seamounts. PANGAEA. *In*: BATURIN, G. N.; KOCHENOV, A. V.; DUBINCHUK, V. T. (Eds.). Uranium in Phosphorites from Seamounts of the Pacific Ocean. *Litologiya i Poleznyye Iskopaemyye (Lithology and Mineral Resources)*, 17(1): 3–10. DOI: [10.1594/PANGAEA.778854](https://doi.org/10.1594/PANGAEA.778854).

BENTOR, Y. K. 1980. Marine Phosphorites – Geochemistry, Occurrence, Genesis. *In*: Symposium on Marine Phosphorites helds at the X International Congress on Sedimentology. Jerusalem, Israel, 9-14 July, 1978. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, SEPM Special Publication, n. 29. DOI: [10.2110/pec.80.29](https://doi.org/10.2110/pec.80.29).

BORN, H.; KAHN, H. 1990. Caracterização geológica e mineralógica voltada ao BERGERET, M. 1980. Recovery of uranium from phosphates. *Uranium and Nuclear Energy*, 118–133.

aproveitamento de jazimentos fosfáticos. *In*: Encontro Nacional de Rocha Fosfática, 5. São Paulo, IBRAFOS, Anais... São Paulo, SP, p. 213–233.

- BREMNER, J. M. 1980. Concretionary phosphorites from SW Africa. *Journal of the Geological Society*, 137(6): 773–786. DOI: [10.1144/gsjgs.137.6.0773](https://doi.org/10.1144/gsjgs.137.6.0773).
- BROWN, J.; COLLING, A.; PARK, D.; PHILIPS, J.; BOTHERY, D.; WRIG, J. 1995. *Seawater: its composition, properties and behavior*. 2a ed. Singapore: The Open University. 168p.
- BURNETT, W. C. 1977. Geochemistry and origin of phosphorite deposits from off Peru and Chile. *Geol. Soc. Am., GSA Bulletin*, 88(6): 813–823. DOI: [10.1130/0016-7606\(1977\)88%3C813:GAOOPD%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1977)88%3C813:GAOOPD%3E2.0.CO;2).
- BURNETT, W. C.; RIGGS, S. R. 1989. *Phosphate deposits of the world*. Cambridge University Press. 464 pp.
- CASARIN, V. 2012. Produção de alimentos. O desafio do século. *Informações Agronômicas*. 2012. nº 139. Acesso: 10 abril 2013, Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/iabrazil.nsf/0/1AA2B9F30075D97083257A9B00404406/\\$FILE/JornalIA139.pdf](http://www.ipni.net/publication/iabrazil.nsf/0/1AA2B9F30075D97083257A9B00404406/$FILE/JornalIA139.pdf).
- COOKE, C. V.; MADUREIRA, L. S. P.; GRIEP, G. H.; PINHO, M.P. 2007. Análise de ecosondagem de fundo oriundos de cruzeiros realizados entre Fortaleza (CE) e Chuí (RS) com enfoque na morfologia e tipos de fundo. *Revista Brasileira de Geofísica*, 25(4): 443–457. DOI: [10.1590/S0102-261X2007000400008](https://doi.org/10.1590/S0102-261X2007000400008).
- CGEE - CENTRO DE GESTÃO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS. 2007. *Parcerias Estratégicas*. MCT - Ministério de Ciência e Tecnologia, Brasília-DF, Nº. 24.
- D'ANGLEJAN, B. 1967. Origin of marine phosphorite off Baja California, Mexico. *Mar. Geol.*, 5: 15–44. DOI: [10.1016/0025-3227\(67\)90066-7](https://doi.org/10.1016/0025-3227(67)90066-7).
- DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. 2018. *Sumário Mineral Brasileiro*. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral>>. Acesso em: 11 maio 2021.
- EMERY K. O.; DIETZ, R. S. 1950. Submarine phosphorite deposits off California and Mexico. *California Journal of Mines and Geology*, 46(1): 7–15.
- FAPESP. 2019. Projeto 2016/22194. Feições anômalas de fundo no talude superior do Sul do Brasil. Fundação de Amparo à Pesquisa da Universidade de São Paulo 01/04/2017 – 31/3/2019.
- FERNANDES, F. R. C.; LUZ, A. B.; CASTILHOS, Z. C. (Eds.). 2010. *Agrominerais para o Brasil*. Centro de Tecnologia Mineral, (CETEM/MCT). 380p.
- FILIPPELLI, G. M. 2011. Phosphate rock formation and marine phosphorus geochemistry: The deep time perspective. *Chemosphere*, 84(6): 759–766. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2011.02.019](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.02.019).
- FISCHER, A. G.; ARTHUR, M. A. 1977. Secular variations in the pelagic realm. *In*: COOK, H. E.; ENOS P. (Eds.). *Deep-water carbonate environments*. Soc. Econ. Paleontol. Mineral. SEPM Special Publication, n. 25: 19–50. DOI: [10.2110/pec.77.25.0019](https://doi.org/10.2110/pec.77.25.0019).
- FROELICH, P. N. 1988. Kinetic controls of dissolved phosphate in natural rivers and estuaries: A primer on the phosphate buffer mechanism. *Limnol. Oceanogr.*, 33(4 part 2): 649–668. DOI: [10.4319/lo.1988.33.4part2.0649](https://doi.org/10.4319/lo.1988.33.4part2.0649).

FÖLLMI, K. B. 1996. The phosphorus cycle, phosphogenesis and marine phosphate-rich deposits. *Earth-Science Reviews*, 40: 55–124. DOI: [10.1016/0012-8252\(95\)00049-6](https://doi.org/10.1016/0012-8252(95)00049-6).

FIGUEIREDO JR., A. G.; TESSLER, M. G. 2004. Topografia e composição do substrato marinho da região Sudeste-sul do Brasil. Série Documentos REVIZEE – Score-Sul. São Paulo, Instituto Oceanográfico, IO-USP.

GLENN, C. R.; ARTHUR, M. A. 1988. Petrology and major element geochemistry of Peru margin phosphorites and associated diagenetic minerals: Authigenesis in modern organic-rich sediments. *Mar. Geol.*, 80: 231–267. DOI: [10.1016/0025-3227\(88\)90092-8](https://doi.org/10.1016/0025-3227(88)90092-8).

GLENN, CRAIG. R.; FOLLMI, K. B., RIGGS, S. R.; BATURIN, G. N.; GRIMM, K. A.; TRAPPE, J.; ABED, A. M.; GALLI-OLIVIER, C.; GARRISON, R. E.; ILYIN, A. V.; JEHL, C.; ROHRLICH, V.; SADAQAH, R. M. Y., SCHIDLOWSKI, M.; SHELDON, R. E.; SIEGMUND, H. 1994. Phosphorus and phosphorites: Sedimentology and environments of formation. *Eclogae Geol. Helv.*, Birkhauser Verlag, Basel. 87/3, p: 747–788.

GUAZELLI, W.; COSTA, M. P. A. 1978. Ocorrência de fosfatos no platô do Ceará. *In: Ocorrência de fosforita e de nódulos polimetálicos nos platôs do Ceará e de Pernambuco*. Rio de Janeiro. PETROBRAS, CENPES, DINTEP n°3: p:7–14.

JARVIS, I.; BURNNET, W. C.; NATHAN, Y.; ALMBAYDIN, F. S. M.; ATTIA, A. K. M.; CASTRO, L. N.; FLICOTEAUX, R.; HILMY, M. E.; HUSAIN, V.; QUTAVNAAH, A. A.; SERJANI, A.; ZAMIN, Y. N. 1994. Phosphorite geochemistry, state-of-the-art and environmental concerns. *Eclogae Geol. Helv.*, 87: 643–700.

JOHNSTON, A. E. 2000. The efficient use of plant nutrients in agriculture. Paris, International Fertilizer Industry Association - IFA. 14p.

JONES, E. J. W; GODDARD, D. A. 1979. Deep-sea phosphorite of Tertiary age from Annan Seamount, eastern equatorial Atlantic. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 26A: 1363–1379. DOI: [10.1016/0198-0149\(79\)90004-9](https://doi.org/10.1016/0198-0149(79)90004-9).

KHOLODOV, V. N. 2003. Geochemistry of Phosphorus and Origin of Phosphorites: Communication 1. Role of Terrigenous Material in the Hypergene Phosphorus Geochemistry. Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Pyzhevskii per. 7, Moscou, 119017 Rússia. 2003. Ver: <https://doi.org/10.1023/A:1024659612956>.

KLEIN, A. H. F.; GRIEP, G. H.; CALLIARI, L. J; VILLWOCK, J. A. 1992. Ocorrência de concreções fosfáticas no Terraço do Rio Grande, RS. *In: 37° Congresso Brasileiro de Geologia*. SBG. Resumos... São Paulo, SP, Brasil.

KLEIN, A. H. F.; GRIEP, G. H.; CALLIARI, L. J; VILLWOCK, J. A. 1993. Occurrence of phosphate concretions on the Rio Grande Terrace, Brazil. *In: Coi-Un (Oalos) Programa de Ciências Oceânicas en Relacion los Recursos no Vivos (OSNLR)*, 1993, Porto Alegre, RS, Brasil.

KOLODNY, Y. 1980. Phosphorites. *In: EMILIANI, C. (Ed.). The sea. v.7: The Oceanic Lithosphere*. Willey, Nova Iorque, p. 981–1023.

KOLODNY, Y.; KAPLAN, I. R. 1970. Uranium isotopes in sea-floor phosphorites. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 34: 3–24. DOI: [10.1016/0016-7037\(70\)90148-1](https://doi.org/10.1016/0016-7037(70)90148-1).

LÁPIDO-LOUREIRO, F.E.; MONTE, M.B.M.; NASCIMENTO, M. 2008. Fosfato. *In: Luz, A.B.; Lins F.A.F. Mineral Rochas & Minerais Industriais Usos e Especificações*. 2a ed., Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008.

- McARTHUR, J.M. 1985. Francolite geochemistry — compositional controls during formation, diagenesis, metamorphism and weathering. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 49(1): 23–35. DOI: [10.1016/0016-7037\(85\)90188-7](https://doi.org/10.1016/0016-7037(85)90188-7).
- McCLELLAN, G. H. 1980. Mineralogy of carbonate fluorapatites. *J. Geol. Soc. London*, 137: 675–681.
- McKELVEY, V.E. 1967. Phosphate Deposits. U.S.G.S. Bull., 1252-D. 21p.
- MEIRELES, R.P.; ABREU, J.G.N.; BATISTA, M.H. 2009. Mineralogia das fosforitas marinhas na plataforma continental Sul Brasileira. *Revista UnG-Geociências*, 8(1): 5–13.
- MELO, U.; GUAZELLI, W.; COSTA, M. P. A. 1978. Nódulos polimetálicos, com núcleo de fosforitas, no platô de Pernambuco. Rio de Janeiro. PETROBRAS, CENPES, DINTEP, Série Projeto REMAC nº 3 p. 15–32.
- MENOR, E. A.; COSTA, M. P. A.; GUAZELLI, W. 1979. Depósitos de fosfato. Rio de Janeiro. PETROBRAS, CENPES, DINTEP nº10: p. 51–72.
- MILLIMANN, J. D.; AMARAL, C. A. B. 1974. Economic potential of Brazilian continental margin sediments. *In: Congresso Brasileiro de Geologia, XXVIII. SBG. Anais...* Porto Alegre, RS, Brasil.
- MURRAY, J.; RENARD, A. 1891. Deep-sea deposits. Report of the “Challenger” Expedition, 1873–1876. Londres.
- NOTHOLT, A. J. G. 1980. Economic phosphatic sediments: mode of occurrence and stratigraphical distribution. *Journal of the Geological Society*, 137(6): 793–805. DOI: [10.1144/gsjgs.137.6.0793](https://doi.org/10.1144/gsjgs.137.6.0793).
- PARKER, R. J. 1971. The petrography and major element geochemistry of phosphorite nodule deposits on the Agulhas Bank, South Africa. *Bull. S. Afr. Nat. Comm. Ocean. Res. Mar. Geol. Progr.*, 2, 94p.
- PARKER, R. J. 1975. The petrology and origin of some glauconite and glauco-conglomeratic phosphorites from the South African continental margin. *J. Sediment. Petrol.*, 45(1): 230–242. DOI: [10.1306/212F6D1B-2B24-11D7-8648000102C1865D](https://doi.org/10.1306/212F6D1B-2B24-11D7-8648000102C1865D).
- PARKER, R. J.; SIESSER, W. G. 1972. Petrology and origin of some phosphorites from the South African continental margin. *J. Sediment. Petrol.*, 42(2): 434–440. DOI: [10.1306/74D7257C-2B21-11D7-8648000102C1865D](https://doi.org/10.1306/74D7257C-2B21-11D7-8648000102C1865D).
- PINHO, M. P.; MADUREIRA, L. S. P.; CALLIARI, L. J.; GRIEP, G. H.; COOK, C. V. 2011. Depósitos fosfáticos marinhos na costa sudeste e sul do Brasil: potenciais áreas de ocorrência identificadas com dados de retroespalhamento acústico do fundo e sedimentológicos analisados sobre mapa batimétrico 3D. *Rev. Bras. Geof.*, 29(1): 113–126. DOI: [10.1590/S0102-261X2011000100008](https://doi.org/10.1590/S0102-261X2011000100008).
- PROGRAMA DE AVALIAÇÃO DO POTENCIAL SUSTENTÁVEL DE RECURSOS VIVOS NA ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA (REVIZEE). Projeto de Prospecção de Peixes Demersais com Armadilhas e Espinhéis Verticais. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira das Regiões Sudeste e Sul (CEPSUL). Relatório de Cruzeiro 01/97.
- RIGGS, S. R.; SHELDON, R. P. 1990. Paleooceanographic and paleoclimatic controls of the temporal and geographic distribution of upper Cenozoic continental margin phosphorites. *In: BURNET, W.C.; RIGGS, S.R. (Eds.) Phosphate deposits of the world. V.3. Neogene to modern phosphorites.* Cambridge University Press, p. 207–222.

- ROMANKEVICH, Y. A.; BATURIN, G. N. 1972. On the composition of organic matter of the phosphorites of the shelf of southwest Africa. *Geokhimiya*, 6: p. 719–726.
- SANTANA, C. I. 1999. Mineral resources of the Brazilian continental margin and adjacent oceanic regions. *In*: MARTINS, L. R.; SANTANA, C. I. (Eds.). Non-Living resources of the southern Brazilian coastal zone and continental margin. OAS/IOC-UNESCO/MCT, Special Publication, Porto Alegre, RS, Brasil. p. 15–25.
- SCHOBENHAUS, C. 1984. Geologia do Brasil. Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais. Escala 1:2.500.000. Coord. SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. Brasília, DNPM.
- SHELDON, R. P. 1980. Episodicity of phosphate deposition and deep ocean circulation – a hypothesis. *In*: BENTON, Y. K. (Ed.). Marine phosphorites: Geochemistry, Occurrence, Genesis. Soc. Econ. Paleontol. Mineral. SEPM Special Publication, n. 29. 239–247. DOI: [10.2110/pec.80.29.0239](https://doi.org/10.2110/pec.80.29.0239).
- SCHENAU, S. J.; SLOMP, C. P.; De LANGE, G. J. 2000. Phosphogenesis and active phosphorite formation in sediments from the Arabian Sea oxygen minimum zone. *Mar. Geol.*, 169: 1–20. DOI: [10.1016/S0025-3227\(00\)00083-9](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(00)00083-9).
- SCHÖLLHORN, I.; HOUBEN, A.; GERTSCH, B.; ADATTE, T.; ALEXEY, U.; KAENEL E.; SPANGENBERG, J. E.; JANSSEN, N.; SCHWENNICKE, T.; FÖLLMI, K. B. 2019. Enhanced upwelling and phosphorite formation in the northeastern Pacific during the late Oligocene: Depositional mechanisms, environmental conditions, and the impact of glacio-eustasy. *Geological Society of America. GSA Bulletin*, 132 (3-4): 687–709. DOI: [10.1130/B32061.1](https://doi.org/10.1130/B32061.1).
- SILVA, C. G.; MELLO, S. L. 2004. Recursos não-vivos. *In*: O mar e o espaço geográfico brasileiro. Coleção Explorando o Ensino em Geografia, 8: 160–194. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica.
- SLANSKY, M. 1986. *Geology of Sedimentary Phosphates*. New York: Elsevier Science Publishing. 210 p.

Sobre o Autor

José Gustavo Natorf de Abreu

Oceanólogo pela Universidade Federal de Rio Grande (FURG), Especialista em Geologia e Geofísica Marinha e Mestre Geologia e Geofísica Marinha pelo Laboratório de Geologia Marinha da Universidade Federal Fluminense (LAGEMAR/UFF), Doutor em Geociências pelo Centro de Estudos Costeiros e Oceânicos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CECO/UFRGS). Professor Titular do Curso de Graduação em Oceanografia da Escola Politécnica da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI). Representante da UNIVALI junto ao Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PGGM) e atual Vice-Coordenador da Sub-Coordenação Regional Sul (SCORE-Sul) para o REMPLAC.

E-mail: gabreu@univali.br

ORCID: [0000-0002-1090-4308](https://orcid.org/0000-0002-1090-4308)

