CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE PEDRAS-SABÃO: PROSPECÇÃO DE MATERIAIS REGIONAIS PARA DESENVOLVIMENTO DE AGLOMERANTES ÁLCALI-ATIVADOS

Characterization of Soapstone Waste: Prospecting of Regional Materials for Development of Alkali-Activated Binder

Cristopher Antonio Martins de Moura
Universidade Federal de Ouro Preto | Ouro Preto, Minas Gerais |
Universidade Federal de Mato Grosso | Barra do Garças, Mato Grosso | cristopher.moura@ufmt.br

Matheus Henrique Dela Costa Ferreira
Universidade Federal de Ouro Preto | Ouro Preto, Minas Gerais | matheus.dela@aluno.ufop.edu.br

Gustavo Dias Ramos
Universidade Federal de Ouro Preto | Ouro Preto, Minas Gerais | gustavo.ramos@aluno.ufop.edu.br

Nicolas Carvalho Cortez Andrade
Universidade Federal de Ouro Preto | Ouro Preto, Minas Gerais | nicolas.cortez@aluno.ufop.edu.br

Taise Matte Manhabosco
Universidade Federal de Ouro Preto | Ouro Preto, Minas Gerais | taise@ufop.edu.br

Guilherme Jorge Brigolini Silva
Universidade Federal de Ouro Preto | Ouro Preto, Minas Gerais | guilhermebrigolini@ufop.edu.br

Resumo

Os materiais magnesianos destacam-se no desenvolvimento de aglomerantes alternativos ao cimento Portland. Neste contexto, as pedras-sabão (PS) têm sido implementadas como precursor para fabricação de materiais álcali-ativados (MAA). Em nível nacional, há disponibilidade de resíduos e reservas de pedra-sabão que podem ser investigadas como fonte de matéria-prima para materiais ecoeficientes. Sob esta perspectiva, o presente trabalho objetiva investigar as propriedades químico-mineralógicas de resíduos de PS da região de Ouro Preto, Minas Gerais visando o desenvolvimento de MAA. Para isso, resíduos sólidos de PS foram coletados e beneficiados para caracterização a partir das técnicas de DRX, FRX, MEV/EDS e FTIR. Os resultados mostraram que há paridade na composição químico-mineralógica, com predominância de SiO_2 e MgO, e a identificação das fases talco, clorita, clinocloro, dolomita e gibbsita, e relevante teor amorfo. A partir da comparação com a literatura, sugere-se que os resíduos analisados possuem elevado potencial para prospecção de novos MAA.

Palavras-chave: Pedra-sabão; Esteatito; Resíduo sólido; Material álcali-ativado; Talco.

ABSTRACT

Magnesian materials stand out in the development of alternative binders to Portland cement. In this context, soapstones have been implemented as a precursor to produce alkali-activated materials (AAM). At the national level, there is availability of waste and soapstone reserves that can be explored as a raw material source for eco-efficient materials. Therefore, the present study aims to investigate the chemical and mineralogical properties of soapstone waste from the Ouro Preto region, Minas Gerais, with a view to the development of AAM. For this, solid soapstone waste was processed for characterization using XRD, XRF, SEM/EDS, and FTIR techniques. The results showed parity in the chemical-mineralogical composition, with a predominance of SiO_2 and MgO, and the identification of phases talc, chlorite, clinochlore, dolomite, and gibbsite, and significant amorphous content. Based on a comparison with the literature, it is suggested that the analyzed waste has high potential for the development of new AAM.

Keywords: Soapstone; Steatite; Solid waste; Alkali-activated material; Talc.

1 INTRODUÇÃO

O termo pedra-sabão é o nome comercial dado ao esteatito, que é uma rocha metamórfica oriunda da transformação de protólitos ultramáficos por metamorfismo regional, que ocorre em conjunto com o metassomatismo de sedimentos dolomíticos por fluidos hidrotermais (Fonseca; Jordt-Evangelista; Queiroga, 2018; Jordt-Evangelista; Silva, 2005). A sua baixa dureza característica devido à abundância do mineral talco ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$), combinada à durabilidade e aparência multicolorida da rocha, a tornam um material atrativo para artesãos que fabricam utensílios domésticos, decorações e elementos arquitetônicos (Ige; Swanson, 2008; Storemyr, 2004; Vavro *et al*., 2015; Vieira *et al*., 2011). Na região de Ouro Preto, Mariana e Congonhas em Minas Gerais, Brasil, percebe-se a presença constante da pedra-sabão enquanto material para a produção de esculturas e elementos decorativos, contribuindo para compor o cenário cultural típico da região influenciado pela arquitetura barroca e rococó do século XVIII (Oliveira; Campos, 2010; Rodrigues; Lima, 2009; Santos; Sousa; Lima, 2009).

A importância comercial do pedra-sabão, além dos produtos artesanais, contempla aplicações do pó fino em diferentes segmentos industriais. No Brasil, em 2016, as exportações de esteatito e derivados totalizaram US$58,9 milhões, que corresponde a 5,17% do volume total de rochas ornamentais e de revestimentos exportados (ANM, 2019). De acordo com dados do USGS (2024), com uma produção total de 600 Kt, o Brasil foi o 4º maior produtor mundial de esteatito e agalmatolito em 2023. Em dois estudos distintos, os autores Bazar *et al*. (2021) e Rodrigues e Lima (2011) elencaram várias outras aplicações nas quais a pedra-sabão figura como matéria-prima essencial, tais como produtos farmacêuticos, fertilizantes e corretivos de acidez do solo, tintas, carga e reforço de plásticos e papéis, dentre outros.

Outro potencial utilização também tem recebido atenção da comunidade acadêmica, que consiste na utilização do pó de esteatito como precursor em MAA. Luukkonen *et al*. (2019) utilizaram o pó de esteatito como precursor principal em misturas *two-part* álcali-ativadas, obtendo resultados superiores em traços produzidos com a substituição de 20% da pedra-sabão por metacaulim. Em um trabalho posterior, Abdollahnejad *et al.* (2022) utilizaram quatro precursores secundários distintos substituindo a pedra-sabão para contribuir no ganho de resistência mecânica, e observaram que o metacaulim como substituição parcial promoveu o maior ganho médio de resistência.

Assim, este trabalho pretende investigar as propriedades químico-mineralógicas de diferentes resíduos de pedras-sabão da região de Ouro Preto, sob a perspectiva do desenvolvimento de MAA a partir de matérias-primas locais, contribuindo para a pesquisa de aplicações do resíduo de pedra-sabão em aglomerantes alternativos.

2 METODOLOGIA

A Figura 1 ilustra os cinco resíduos de pedras-sabão (PS) analisados no presente estudo experimental. O beneficiamento das amostras de PS ocorreu a partir dos resíduos originários da região de Ouro Preto, Minas Gerais. Conforme o granulometria de origem, os materiais foram britados, peneirados, moídos em moinho de jarro e analisados por meio de MEV/EDS (microscopia eletrônica de varredura/espectroscopia por dispersão de energia). Em seguida, os materiais foram macerados, seguido de peneiramento nas peneiras #200(PF-perda ao fogo e FRX-fluorescência de raios-X) e #375(DRX-difração de raios-X e FTIR-espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier).

Figura 1: Resíduos de pedra-sabão



Os resíduos de pedra-sabão foram caracterizados por meio de DRX, FRX, MEV/EDS e FTIR. A análise de DRX foi realizada no difratômetro *Bruker D2 Phaser* equipado com tubo de cobre, atuando a 10 mA e 30 kV. As medições ocorreram entre 5° ≤ 2θ ≤ 70°, com incremento de 0,01819°/passo e aquisição de 1,25 s/passo.

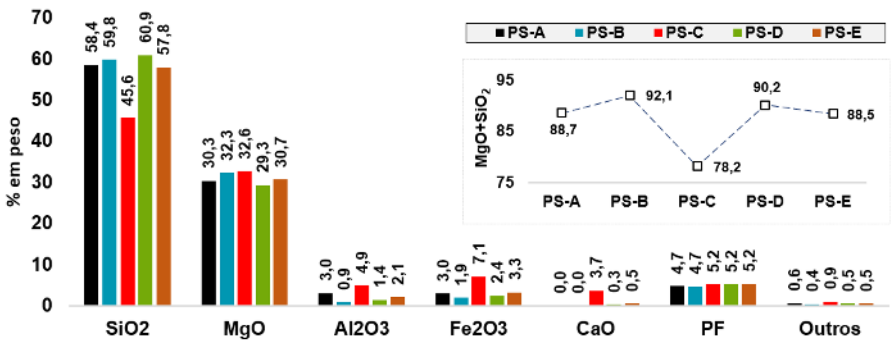
Para as análises qualitativas-quantitativas optou-se pela *Crystallography Open Database* (COD) (Gražulis *et al.*, 2012; Vaitkus *et al.*, 2023) para obtenção dos difratogramas e arquivos de informação cristalográfica. As análises foram executadas a partir dos softwares *Total Pattern Analysis Solution* (TOPAS), aplicando o método de refinamento de Rietveld (Rietveld, 1969), a partir o método do padrão externo de coríndon (Al_2O_3).

As análises de FTIR foram executadas utilizando espectrômetro *Nicolet iS5* (*Thermoscientific*) de 4000 cm^{-1} a 400 cm^{-1}. A interpretação acerca das ligações químicas ocorreu mediante um levantamento bibliográfico e qualitativo das bandas mais significativas. A identificação dos principais elementos químicos foi realizada a partir da técnica FRX, executada com amostras em pó no equipamento *Panalytical Epsilon3x*. Considerando a similaridade da composição de PS-A,B,D,E, optou-se por apresentar a análise de MEV/EDS somente de PS-C e PS-D. As amostras em pó foram depositadas em *stub* metálico, metalizadas com ouro e analisadas sob o microscópio *Tescan Vega 3.*

3 RESULTADOS E ANÁLISES

A Figura 2 apresenta as composições químicas dos resíduos de pedra-sabão obtidas por FRX. Observa-se que a composição química predominante das pedras-sabão é de SiO_2 e MgO observando-se 78,24% ≤ SiO_2 + MgO ≤ 92,09%. Além disso, os materiais apresentam teores menores, porém relevantes de Al_2O_3 e Fe_2O_3 com 2,82% ≤ Al_2O_3 + Fe_2O_3 ≤ 11,98%, contendo quantidade considerável de CaO associado à PS-C. A PF (1050°C/2h) ficou entre 4,6% e 5,3%, sendo atribuída à água adsorvida, desidroxilação e/ou descarbonatação.

Figura 2: Composição química (FRX) dos resíduos de PS (%)



A Figura 3 apresenta o resultado da análise quantitativa de fases (AQF), enquanto a Figura 4 demonstra os difratogramas dos resíduos de pedra-sabão.

Figura 3: AQF dos resíduos de pedra-sabão

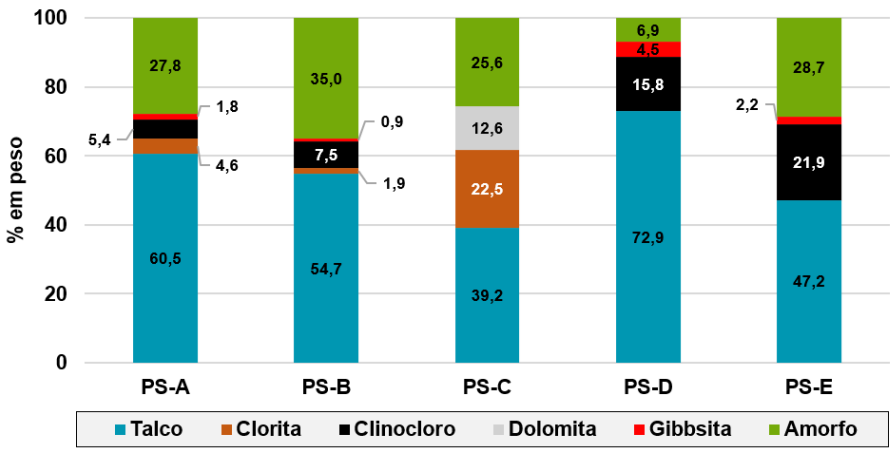
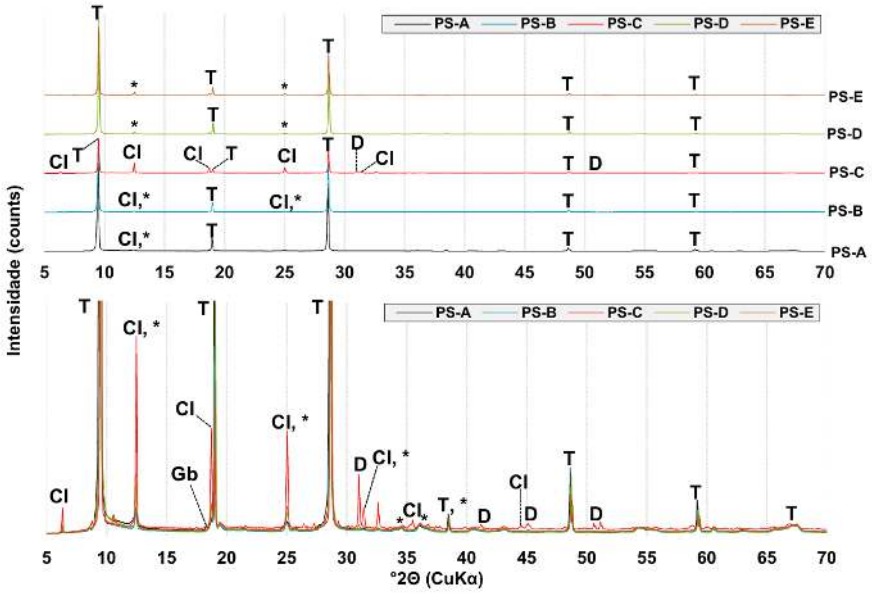


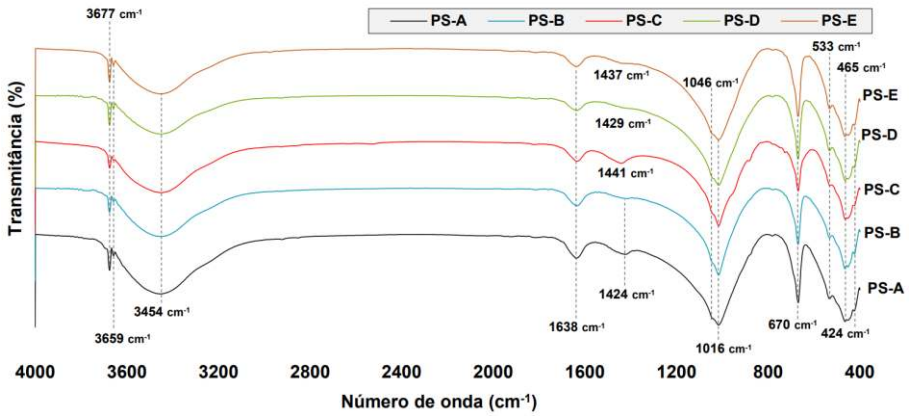
Figura 4: Difratogramas das pedras-sabão



Legenda: T–Talco; Cl–Clorita; *–Clinocloro; D–Dolomita; G–Gibbsita.

Os difratogramas e a AQF revelam a presença e talco (COD 9008297; Perdikatsis; Burzlaff, 1981), clorita (COD 9010163; Zanazzi *et al.,* 2007), clinocloro (COD 9000757; Phillips; Loveless; Bailey, 1980), dolomita (COD 9003518; Antao *et al.,* 2004) e gibbsita (COD 9003874; Balan *et al.,* 2006), além de considerável teor de materiais amorfos. A AQF demonstrou elevado teor fase talco em todas as amostras, com teores variáveis de 39,2-72,9%, e PS-C composta com teor relevante de dolomita. Os resultados corroboram a prevalência de SiO_2 e MgO obtida por FRX, que podem ser parcialmente associados às fases talco, clorita e clinocloro, bem como à dolomita para PS-C. A Figura 5 apresenta os espectros FTIR dos resíduos de pedra-sabão. Os resultados obtidos demonstram espectros de infravermelho semelhantes para as cinco pedras-sabão caracterizadas.

Figura 5: Espectros de FTIR das pedras-sabão

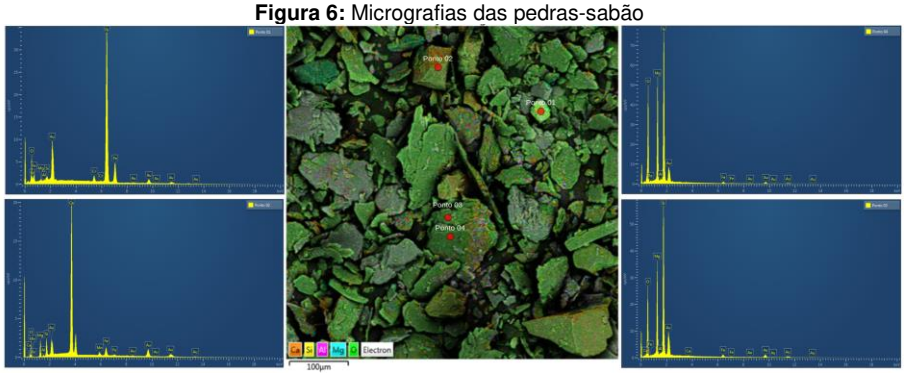


Os espectros FTIR permitem identificar bandas típicas de fases apresentadas pelas pedras-sabão, sendo coerente com a DRX. A banda 3677cm^{-1} e 3659cm^{-1}, por exemplo, aproximam-se das bandas 3673cm^{-1} e 3658cm^{-1} identificadas por Karagöz *et al.* (2025) relativas ao grupo OH em Mg-OH e Si-OH, enquanto 675cm^{-1} foi associada a Si-O-Mg. As bandas de baixa intensidade próxima a 1438cm^{-1} e as intensas próximas a 1023cm^{-1} podem corresponder, ao ânion CO_3^{2-} e à vibração da ligação Si-O, respectivamente (Li *et al.*, 2013). A Figura 6 apresenta micrografias obtidas a partir de MEV/EDS dos resíduos de PS-C e PS-D.

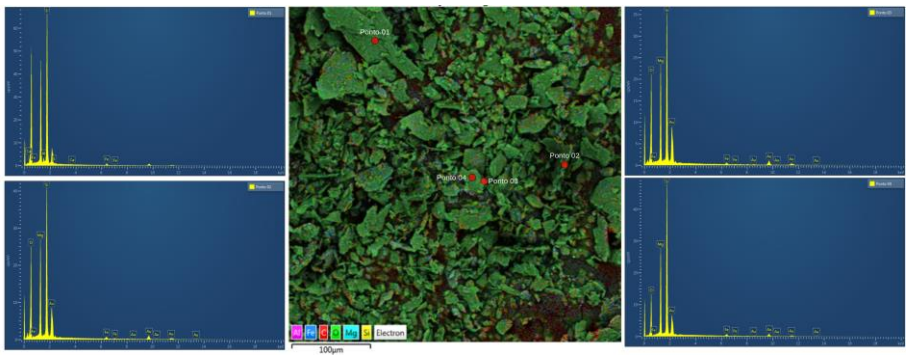
É possível observar a predominância de grãos alongados com estruturas lamelares e espectros EDS com sinais intensos de Si, O e Mg. Considerando os resultados apresentados e a comparação com trabalhos anteriores (Al-Kroom *et al.*, 2024; Chen *et al.*, 2021), corroborou-se a presença de talco. A micrografia de PS-C (Figura 6.a) ainda evidenciou grãos de formatos angulosos equidimensionais, e sinais característicos de Ca, Fe e Cr, que estão associados, provavelmente, às fases dolomita e cromita (Ilyina; Klimovskaya;

Bubnova, 2023). Nesse sentido, os resultados obtidos nas diferentes técnicas de caracterização reforçam a identificação de fases recorrentes.

Figura 6: Micrografias das pedras-sabão



(a) PS-C



(b) PS-D

Sob este aspecto, na investigação de MAA, Luukkonen *et al*. (2019) utilizou pedra-sabão com composição mineralógica de fases vítreas, talco, clinocloro, dolomita, magnesita, magnetita, com teor de SiO_2 + MgO = 76,4%, combinada com metacaulim. Já Abdel-Gawwad (2021) utilizou pedra-sabão com SiO_2 + MgO = 89,19% rica em talco para produção de um aglomerante combinando processos térmicos com ativação alcalina. Recentemente, Al-Kroom *et al*. (2024) combinaram escória e talco na produção de MAA, com composição predominante SiO_2 + MgO = 96,6% e fase talco. Abdollahnejad *et al*. (2022) combinou metacaulim, sílica ativa, cal e lã de rocha com pedras-sabão (SiO_2 + MgO = 76,35%) para fabricação de MAA. Ademais, Premkumar *et al.* (2023) produziram MAA a partir de pó de esteatito natural ultrafino (SiO_2 + MgO = 91,21%) associando processos térmicos e ativação alcalina.

Considerando os dados obtidos e a comparação com a literatura, apesar da natural divergência da composição a partir da origem, é possível afirmar que as matérias-primas locais (PS-A,B,C,D,E) apresentam paridade na composição químico-mineralógica com precursores utilizados para o desenvolvimento de MAA. Ademais, observa-se que há combinação de precursores com a pedra-sabão em diferentes trabalhos (Abdollahnejad *et al*., 2022; Al-Kroom *et al*., 2024; Luukkonen *et al*., 2019), bem como a aplicação de diferentes técnicas de ativação. Nesse sentido, além da aplicação das pedras-sabão, considera-se a necessidade de investigar metodologias distintas de ativação e a associação com precursores alternativos com as matérias-primas locais.

4 CONCLUSÃO

A compreensão das propriedades dos resíduos de pedra-sabão é relevante para o desenvolvimento de novos materiais ecoeficientes. Assim, o presente trabalho investigou as propriedades desses resíduos visando o desenvolvimento futuro de MAA. A partir deste estudo, são possíveis as seguintes conclusões:

- Os resíduos possuem predominância dos elementos silício, magnésio, ferro e alumínio, com 78,24% ≤ SiO_2+MgO ≤ 92,09%;
- A DRX mostrou que há predominância de talco em todos os resíduos, com a ocorrência de clorita, clinocloro, dolomita e gibbsita.
- A FTIR confirmou a presença de bandas características associadas às ligações típicas de fases presentes nas pedras-sabão;
- Há uma variabilidade natural na composição dos resíduos que podem ser associados à origem da rocha, porém há considerável paridade com materiais aplicados para fabricação de MAA;

- Com base na comparação com a literatura e devido a disponibilidade de matéria-prima, é possível sugerir que os resíduos analisados possuem elevado potencial para prospecção de MAA. Ademais, considerando experiências prévias, considera-se relevante investigar abordagens distintas ativação e a associação com fontes de precursoras complementares.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Os autores também agradecem às equipes do Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMC²/UFOP), Laboratório de Eletroquímica e Difusão (LED/UFOP), NanoLab (Redemat/UFOP), Grupo de Pesquisa em Resíduos Sólidos (Reciclos) e Grupo de Pesquisas em Cimentos Alcalinos Ativados (ATIVE).

REFERÊNCIAS

ABDEL-GAWWAD, H. A. Thermo-alkali activation of talc for the production of a novel white one-part alkali-activated magnesia-based cement. **Construction and Building Materials**, v. 306, p. 124909, nov. 2021. ISSN 1879-0526. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006182102660X>. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124909

ABDOLLAHNEJAD, Z. *et al.* Effects of Using Different Co-binders and Fibers on Mechanical and Durability Performances of Alkali-Activated Soapstone Binders (AAS). **Waste and Biomass Valorization**, v. 13, n. 4, p. 2375–2397, abr. 2022. ISSN 1877-265X. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12649-021-01622-8>. doi: https://doi.org/10.1007/s12649-021-01622-8.

AL-KROOM, H. *et al.* Investigating the promising effect of thermally-treated talc powder on the performance of alkali-activated slag cement. **Innovative Infrastructure Solutions**, v. 9, n. 8, p. 298, jul. 2024. ISSN 2364-4184. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41062-024-01588-1>. doi: https://doi.org/10.1007/s41062-024-01588-1.

ANM. Sumário Mineral Brasileiro: Sumário Mineral Brasileiro. **Brasil: Agência Nacional de Mineração**, Brasília, DF, v. 37, out. 2019. ISSN 0101-2053. Disponível em:<https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/economia-mineral/publicacoes/sumario-mineral/sumariomineral_2017/view>.

ANTAO, S.M. *et al.* Cation disorder in dolomite, CaMg(CO3)2, and its influence on the aragonite+magnesite <-> dolomite reaction boundary. **Crystallography Open Database (COD)**, 2004. The COD Advisory Board (eds.). Disponível em: < https://www.crystallography.net/cod/9003518.html>.

BALAN, E. *et al.* First-principles study of the OH-stretching modes of gibbsite. **Crystallography Open Database (COD)**, 2006. The COD Advisory Board (eds.). Disponível em: <https://www.crystallography.net/cod/9003874.html>.

BAZAR, J. A. *et al.* Talc Flotation - An Overview. **Minerals**, v. 11, n. 7, p. 662, jun. 2021. ISSN 2075-163X. Disponível em: https://www.mdpi.com/2075-163X/11/7/662. doi: https://doi.org/10.3390/min11070662.

CHEN, Z. *et al.* Enhancing flotation separation of chalcopyrite and magnesium silicate minerals by surface synergism between PAAS and GA. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 6368, mar. 2021. ISSN 2045-2322. Disponível em: https://www.nature.com/articles/s41598-021-85984-y. doi: https://doi.org/10.1038/s41598-021-85984-y.

FONSECA, G. M.; JORDT-EVANGELISTA, H.; QUEIROGA, G. N. Petrogenesis of metaultramafic rocks from the Quadrilátero Ferrífero and adjacent terrains, Minas Gerais, Brazil: Two events of ultramafic magmatism?. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 82, p. 16–32, mar. 2018. ISSN 0895-9811. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895981116303108>. doi: https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.11.020.

GRAŽULIS, S. *et al.* Crystallography Open Database (COD): an open-access collection of crystal structures and platform for world-wide collaboration. **Nucleic Acids Research**, v. 40, n. D1, p. D420–D427, jan. 2012. Disponível em: <https://academic.oup.com/nar/article/40/D1/D420/2903497?login=false>. doi: https://doi.org/10.1093/nar/gkr900.

IGE, O.A.; SWANSON, S. E. Provenance studies of Esie sculptural soapstone from southwestern Nigeria. **Journal of Archaeological Science**, v. 35, n. 6, p. 1553–1565, jun. 2008. ISSN 0305-4403. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305440307002130>. doi: https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.11.001.

ILYINA, V.; KLIMOVSKAYA, E.; BUBNOVA, T. Ceramic Materials Based on Clay and Soapstone Waste: Thermo-Mechanical Properties and Application. **Minerals**, v. 13, n. 11, 1376, out. 2023. Disponível em: < https://www.mdpi.com/2075-163X/13/11/1376>. doi: https://doi.org/10.3390/min13111376.

JORDT-EVANGELISTA, H.; SILVA, M. E. Rochas metaultramáficas de Lamim, sul do Quadrilátero Ferrífero, MG: contribuição ao conhecimento do protólito da pedra-sabão. **Revista Escola de Minas**, v. 58, n. 1, p. 11–20, mar. 2005 ISSN 1807-0353. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rem/a/vsp84WnjK3sLz769GJMZnNx/>. doi: https://doi.org/10.1590/S0370-44672005000100003.

KARAGÖZ, İ.; *et al.* A comprehensive study on the effect of small rates of walnut shell and talc fillers on the thermal,mechanical, and morphological properties of epoxy hybrid composites. **Biomass Conversion and Biorefinery**, n. 15, p. 8439-8450, 2025. ISSN 2190-6823. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13399-024-05660-9>. doi: https://doi.org/10.1007/s13399-024-05660-9.

LI, C.; *et al*. Mineralogical characteristics of unusual black talc ores in Guangfeng County, Jiangxi Province, China. **Applied Clay Science**, v. 74, p. 37–46, abr. 2013. ISSN 0169-1317. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016913171200316X?via%3Dihub>. Doi: https://doi.org/10.1016/j.clay.2012.12.004.

LUUKKONEN, T. *et al*. Alkali-activated soapstone waste - Mechanical properties, durability, and economic prospects. **Sustainable Materials and Technologies**, v. 22, p. e00118, dez. 2019. ISSN 2214-9937. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221499371930123X>. doi: https://doi.org/10.1016/j.susmat.2019.e00118.

OLIVEIRA, M. A. R.; CAMPOS, A. A. **Barroco e rococó nas igrejas de Ouro Preto e Mariana (Volume 2)**. Brasil: IPHAN, 2010. 160 p. Disponível em: < http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/colrotpat8_barrocorococoigrejasouropretomariana_vol2.pdf >

PERDIKATSIS, B.; BURZLAFF, H. Strukturverfeinerung am talk Mg3[(OH)2Si4O10]. **Crystallography Open Database (COD)**, 1981. The COD Advisory Board (eds.). Disponível em: < https://www.crystallography.net/cod/9008297.html>.

PHILLIPS, T.L.; LOVELESS, J.K.; BAILEY, S.W. Cr3+ coordination in chlorites: a structural study of ten chromian chlorites. **Crystallography Open Database (COD)**, 1980. The COD Advisory Board (eds.). Disponível em: < https://www.crystallography.net/cod/9000757.html>.

PREMKUMAR, R. *et al.* M. Influence of Na2SiO3/NaOH Ratio on Calcined Magnesium Silicate Based Geopolymer—Experimental and Predictive Study. **Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed**., v. 38, n. 5, p. 1077–1085, nov. 2023. ISSN 1993-0437. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11595-023-2796-z>. doi: https://doi.org/10.1007/s11595-023-2796-z.

RIETVELD, Hugo. M. A profile refinement method for nuclear and magnetic structures. **Journal of Applied Crystallography**, v. 2, n. 2, p. 65–71, 1969. ISSN 1600-5767. Disponível em: <https://journals.iucr.org/paper?S0021889869006558>. doi: https://doi.org/10.1107/S0021889869006558.

RODRIGUES, M. L. M.; LIMA, R. M. F. Caracterização preliminar de finos de oficina de artesanato de pedra-sabão proveniente da região de Cachoeira do Brumado/MG. *In*: Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 23., 2009, Porto Alegre. **Anais** [...] Porto Alegre: Revista Escola de Minas, 2009. p. 123–128. Disponível em: https://publicacoes.entmme.org/filebase/2009/1920%20-%20MICHAEL%20L.M.%20RODRIGUES_ROSA%20M.F.%20LIMA%20-%20CARACTERIZA%C3%87%C3%83O%20PRELIMINAR%20DE%20FINOS%20DE%20OFICINA%20DE%20ARTESANATO%20DE%20PEDRA-SAB%C3%83O%20PROVENIENTE%20DA%20REGI%C3%83O%20DE%20CACHOEIRA%20DO%20BRUMADO%20MG.PDF

RODRIGUES, M. L. M.; LIMA, R. M. F. Purificação de resíduos de oficina de artesanato em pedra-sabão por flotação e alvejamento químico. **REM: Revista Escola de Minas**, v. 64, n. 3, p. 353–357, jul. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rem/a/7RQMJBfF5nc9GgqsgLZd7dJ/?lang=pt>.doi: https://doi.org/10.1590/S0370-44672011000300015.

SANTOS, R. C. P.; SOUSA, W. T.; LIMA, H. M. Estudo sobre pedra-sabão na região de Ouro Preto, Minas Gerais. *In*: Congresso Anual da ABM, 64., 2009, Belo Horizonte. **Anais** [...]. ISSN 2594-5327. Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração. p. 3840-3848. Disponível em: https://abmproceedings.com.br/ptbr/article/estudo-sobre-pedra-sabo-na-regio-de-ouro-preto-minas-gerais. doi: https://doi.org/10.5151/2594-5327-15389.

STOREMYR, P. Weathering of soapstone in a historical perspective. **Materials Characterization**, v. 53, n. 2–4, p. 191–207, nov. 2004. ISSN 1873-4189. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1044580304001743?via%3Dihub>. doi: https://doi.org/10.1016/j.matchar.2004.06.015.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Mineral Commodity Summaries 2024**. United States Geological Survey, 2024. 212 p. ISSN: 0076-8952. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2024/mcs2024.pdf>. doi: https://doi.org/10.3133/mcs2024.

VAITKUS, A. *et al*. A workflow for deriving chemical entities from crystallographic data and its application to the Crystallography Open Database. **Journal of Cheminformatics**, v. 15, p. 1-15, 2023. ISSN 1758-2946. Disponível em: <https://jcheminf.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13321-023-00780-2>. doi: https://doi.org/10.1186/s13321-023-00780-2.

VAVRO, M. *et al*. Soapstone as a locally used and limited sculptural material in remote area of Northern Moravia (Czech Republic). **Environmental Earth Sciences**, v. 73, p. 4557–4571, 2015. ISSN 1866-6299. Disponível em: < http://link.springer.com/10.1007/s12665-014-3742-3>. doi: https://doi.org/10.1007/s12665-014-3742-3.

VIEIRA, L. M. *et al*. Viabilidade da Utilização de Resíduos da Pedra Sabão na Fabricação de Material Refratário. *In*: Seminário de Aciaria Internacional, 42., 2011, Salvador. **Anais** [...]. ISSN 2594-5300. Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração. p. 752-761. Disponível em: <https://abmproceedings.com.br/ptbr/article/viabilidade-da-utilizao-de-resduos-da-pedra-sabo-na-fabricao-de-material-refratrio>. doi: https://doi.org/10.5151/2594-5300-18420.

ZANAZZI, P.F. *et al*. Structural effects of pressure on monoclinic chlorite: a single-crystal study. **Crystallography Open Database (COD)**, 2007. The COD Advisory Board (eds.). Disponível em: < https://www.crystallography.net/cod/9010163.html>.