



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE
E DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

POLLYANA SAORI SHIMADA

**NOVA ARGAMASSA CONSTITUÍDA POR RESÍDUOS DE ROCHA MAGMÁTICA E
NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINCO PARA AÇÃO ANTIMICROBIANA E
FOTOCATALÍTICA**

Presidente Prudente /SP
2025



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE
E DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

POLLYANA SAORI SHIMADA

**NOVA ARGAMASSA CONSTITUÍDA POR RESÍDUOS DE ROCHA MAGMÁTICA E
NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINCO PARA AÇÃO ANTIMICROBIANA E
FOTOCATALÍTICA**

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional.

Área de Concentração: Avaliação e Análise de Impacto Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Angela Mitie Otta Kinoshita
Co-Orientador Dr. Fábio Friol Guedes de Paiva

| | |
|-----------------|--|
| 624.18 S556n | Shimada, Pollyana Saori. Nova argamassa constituída por resíduos de rocha magmática e nanopartículas de óxido de zinco para ação antimicrobiana e fotocatalítica / Pollyana Saori Shimada. -Presidente Prudente, 2025. 72 f.: il. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) - Universidade do Oeste Paulista - Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2025. Bibliografia. Orientadora: Dra. Angela Mitie Otta Kinoshita 1. Nanotecnologia. 2. Propriedade Fotocatalítica. 3. Pó de Rocha Magmáticas. 4. Argamassa. 5. Dióxido de Titânio. 6. Óxido de Zinco. 7. Óxido de Ferro. I. Título. |
|-----------------|--|

Catlogação na Fonte: Maria Letícia Silva Vila Real - CRB 8/10699

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “NOVA ARGAMASSA CONSTITUÍDA POR RESÍDUOS DE ROCHA MAGMÁTICA E NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINCO PARA AÇÃO ANTIMICROBIANA E FOTOCATALÍTICA”

AUTOR(A): POLLYANA SAORI SHIMADA

ORIENTADOR(A): Profa. Dra. ANGELA MITIE OTTA KINOSHITA

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL - Área de Concentração: Ciências Ambientais, pela Comissão Examinadora:

PROFA. DRA. ANGELA MITIE OTTA KINOSHITA (orientadora)

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)

PROF. DR. EDSON RAMOS DE ANDRADE

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)

PROF. DR. KEURISON FIGUEREDO MAGALHÃES

UERN - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte / Mossoró (RN)

Data da realização: Presidente Prudente, 14 de maio de 2025.

Central de Assinaturas Eletrônicas

Sobre o documento

Assunto: Documento eletrônico
 Status do documento: Concluído
 Data de criação do documento: 15/05/2025 09:57
 Fuso horário: (UTC-03:00) Brasília
 Número de assinaturas: 3
 Solicitante: KEID RIBEIRO KRUGER (#8127380)

Signatários do documento

ANGELA MITIE OTTA KINOSHITA (PROFESSOR)

angela@unoeste.br

Recebido em 15/05/2025 09:57

Assinado em 15/05/2025 09:58

Assinatura Interna UNOESTE

Usando endereço IP: 177.131.39.1

ID da assinatura: 4840748

EDSON RAMOS DE ANDRADE (FUNCIONÁRIO)

edson.andrade@unoeste.br

Recebido em 15/05/2025 09:57

Assinado em 15/05/2025 10:35

Assinatura Interna UNOESTE

Usando endereço IP: 2804:554:202:4900:7d55:fdc2:d475:63a7

ID da assinatura: 4840749

KEURISON FIGUEREDO MAGALHÃES (SIGNATÁRIO EXTERNO)

keurisonfigueredo@uem.br

Recebido em 15/05/2025 09:57

Assinado em 16/05/2025 14:42

Assinatura Interna UNOESTE

Usando endereço IP: 200.137.5.228

ID da assinatura: 4840750

URL do documento: <https://www.unoeste.br/ca/d01c3808>

Assinatura digital do documento: 1ce9f2a647dc4e2590086a90c2161733b25c8cf93986e150a9f3b110b5f7957

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista

Mantida pela Associação Prudentina de Educação e Cultura - APEC

Utilize o QRCode abaixo para conferir a autenticidade deste documento:



POLLYANA SAORI SHIMADA**NOVA ARGAMASSA CONSTITUÍDA POR RESÍDUOS DE ROCHA MAGMÁTICA E
NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINCO PARA AÇÃO ANTIMICROBIANA E
FOTOCATALÍTICA**

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional.

Área de Concentração: Avaliação e Análise de Impacto Ambiental.

Presidente Prudente, 14 de maio de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Angela Mitie Otta Kinoshita
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente- SP

Prof. Dr. Edson Ramos de Andrade
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente- SP

Prof. Dr. Keurison Figueredo Magalhães
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN
Mossoró - RN

DEDICATÓRIA

Dedico esta vitória com muito amor
e carinho:

Aos meus pais, Regina e Marcos

Ao meu irmão e sua esposa e sua
filha, Willian, Silvia e Beatriz.

Minha irmã e seu marido, Pamela e
Lucas

Ao meu esposo, Bruno

A minha melhor amiga, Jennyfer

Agradeço aos meus sogros,
Marcela e Anderson

À minha Família

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus pelas bênçãos que mim deste para chegar até aqui, com força, coragem e perseverança com a sua proteção.

Sou grata a todos os professores que contribuíram com a minha trajetória acadêmica, especialmente a Profa. Dra. Angela Mitie Otta Kinoshita, responsável pela orientação do meu projeto e o meu coorientador Dr. Fábio Friol Guedes de Paiva. Agradeço pela a confiança e incansável dedicação de vocês. Vocês nunca perderam a fé na minha pesquisa e soube me amparar nos momentos mais difíceis. Manifesto aqui minha gratidão eterna por me compartilhar a sabedoria, o tempo e a experiência de vocês.

Agradeço a Universidade do Oeste Paulista e seus respectivos colaboradores e corpo docente pela assistência durante a realização dos experimentos. E agradeço à CAPES pelo suporte financeiro.

*“Não fui eu que lhe ordenei?
Seja forte e corajoso! Não se
apavore, nem desanime, pois o
Senhor, o seu Deus, estará com
você por onde você andar.”
(Josué 1:9)*

RESUMO

Nova argamassa constituída por resíduos de rocha magmática e nanopartículas de óxido de zinco para ação antimicrobiana e fotocatalítica

A aplicação da nanotecnologia no setor da construção foi capaz de possibilitar a incorporação de novas propriedades em materiais tradicionais, de maneira eficiente e inovadora. Entre essas características, está a fotocatalise que atribui aos materiais propriedades autolimpantes e antimicrobianas relevantes, sendo essas propriedades fundamentais para a redução de poluentes presentes nos efluentes líquidos e representa uma alternativa interessante para a nova crise ambiental, a poluição da água. Nesse contexto específico, a pesquisa foca em desenvolver uma argamassa fotocatalítica, utilizando pó de rocha magmática (granito cinza andorinha) como substituto parcial da areia natural, sendo este resíduo, precursor das características fotocatalíticas que contém dióxido de titânio e óxido de ferro que têm potencial para viabilizar a fotocatalise. Foram confeccionado corpos de prova com substituições parciais da areia natural pelo resíduo triturado em proporções de 15%, 30% e 30% com adição de nanopartículas ZnO-NP (0,33%) com o objetivo de intensificar a atividade fotocatalítica. O controle foi desenvolvido com uma amostra sem adição de resíduo e sem ZnO-NP. A eficiência da fotocatalise nas argamassas desenvolvidas foi testada através da degradação do azul de metileno em placas de argamassa imersas em uma solução aquosa e expostas à luz solar com uma duração de quatro horas. Os resultados mostraram que as amostras que continham o resíduo obtiveram um desempenho fotocatalítico superior ao controle, evidenciando a eficácia deste resíduo na degradação do corante. A amostra RR-30/NP-1 demonstrou um dos melhores desempenhos fotocatalíticos, com eficiência superior à do controle (81,37%), degradando 88,68% do corante azul de metileno. Ademais, o uso do pó de rocha magmática propiciou um incremento considerável na resistência à compressão da argamassa, pois as amostras RR-15, RR-30 e RR-30/NP-1, após a cura de 56 dias, superaram as amostras de referência, cujas resistências foram: 76,61 MPa para o controle; 88,22 MPa para a amostra RR-15; 80,59 MPa para a amostra RR-30 e 102,15 MPa para a amostra RR-30/NP-1, evidenciando a superioridade em relação ao controle. Portanto, o material desenvolvido apresenta características que favorecem a sustentabilidade ao proporcionar vantagens ambientais através de sua

capacidade de ser aplicado no tratamento de efluentes, bem como reaproveitar resíduos industriais, reduzindo a extração de recursos naturais. Desta forma, este trabalho é condizente com três objetivos presentes na Agenda 2030 da ONU, sendo eles: “Indústria, Inovação e Infraestrutura”, “Consumo e Produção Responsáveis” e “Água potável e saneamento”.

Palavra-chave: Nanotecnologia; Propriedade Fotocatalítica; Pó de Rocha Magmáticas; Argamassa; Dióxido de Titânio; Óxido de Zinco; Óxido de Ferro.

ABSTRACT

New mortar composed of magmatic rock waste and zinc oxide nanoparticles for antimicrobial and photocatalytic action

The application of nanotechnology in the construction sector has enabled the incorporation of new properties into traditional materials in an efficient and innovative manner. Among these features is photocatalysis, which imparts self-cleaning and antimicrobial properties to materials, making them fundamental for reducing pollutants present in liquid effluents and representing an interesting alternative to the emerging environmental crisis—water pollution. In this specific context, the research focuses on developing a photocatalytic mortar using powdered magmatic rock (gray andorinha granite) as a partial substitute for natural sand. This residue acts as a precursor to photocatalytic properties, containing titanium dioxide and iron oxide, which have the potential to facilitate photocatalysis. Test specimens were produced with partial substitutions of natural sand by crushed residue in proportions of 15%, 30%, and 30% combined with the addition of ZnO-NP nanoparticles (0.33%) to intensify photocatalytic activity. A control sample was prepared without the addition of residue or ZnO-NP. The photocatalytic efficiency of the developed mortars was tested by degrading methylene blue in mortar plates immersed in an aqueous solution and exposed to sunlight for four hours. The results showed that samples containing the residue exhibited superior photocatalytic performance compared to the control, demonstrating the efficacy of the residue in dye degradation. The sample RR-30/NP-1 showed one of the best photocatalytic performances, with efficiency surpassing that of the control (81.37%), degrading 88.68% of the methylene blue dye. Additionally, the use of powdered magmatic rock significantly increased the compressive strength of the mortar. After 56 days of curing, the RR-15, RR-30, and RR-30/NP-1 samples exceeded the reference samples, whose strengths were: 76.61 MPa for the control, 88.22 MPa for the RR-15 sample, 80.59 MPa for the RR-30 sample, and 102.15 MPa for the RR-30/NP-1 sample, highlighting their superiority over the control. Therefore, the developed material exhibits characteristics that promote sustainability by providing environmental advantages through its application in effluent treatment and the reuse of industrial residues, reducing the extraction of natural resources. In this way, this work aligns with three objectives outlined in the United Nations' 2030 Agenda: "Industry, Innovation,

and Infrastructure,” “Responsible Consumption and Production,” and “Clean Water and Sanitation.”

Keywords: Nanotechnology; Photocatalytic Properties; Magmatic Rock Powder; Mortar; Titanium Dioxide; Zinc Oxide; Iron Oxide.

REFERENCIAS

ALMEIDA, L. N. B. *et al.* Rock Powder Applied in the Discoloration of Industry Dye of Molded Pulp Packages Effluent. **Colorants**, [s.l.], v. 2, n. 3, p. 487-499, 7 jul. 2023.

Doi: <http://dx.doi.org/10.3390/colorants2030023>

ALMEIDA, L. N. B. *et al.* The Adsorptive and Photocatalytic Performance of Granite and Basalt Waste in the Discoloration of Basic Dye. **Catalysts**, [s.l.], v. 12, n. 10, p. 1076, 20 set. 2022. Doi: <http://dx.doi.org/10.3390/catal12101076>

Doi: <http://dx.doi.org/10.3390/catal12101076>

ALVES, J. O. *et al.* Resíduo do corte de granito: inovação tecnológica para a destinação final. **Tecnologia em Metalurgia Materiais e Mineração**, [s.l.], v. 12, n. 2, p. 123-128, 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.4322/2176-1523.0856>

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13279:2005-**

Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. 9 p.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 17054:2022-** Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2022. 5p.

ASTM. American Society for Testing and Materials. **ASTM C109-C109M-20b - Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)**. West Conshohocken, PA: ASTM, 2016.

ASTM. American Society for Testing and Materials. **ASTM C305 - 20 - Standard Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency**. West Conshohocken, PA: ASTM, 2020a.

ASTM. American Society for Testing and Materials. **ASTM C348 - Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars**. West Conshohocken, PA: ASTM, 2021a.

ASTM. American Society for Testing and Materials. **ASTM C349 - Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic-Cement Mortars (Using Portions of Prisms Broken in Flexure)**. West Conshohocken, PA: ASTM, 2018.

ASTM. American Society for Testing and Materials. **ASTM C642 - 21 - Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete**. West Conshohocken, PA: ASTM, 2021b.

ASTM. American Society for Testing and Materials. **ASTM C1437 - Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar**. West Conshohocken, PA: ASTM, 2020b.

BARBOSA, K. S. L. *et al.* Resíduos de mármore e granito em materiais compósitos: relação da granulometria nas propriedades mecânicas. **Conjecturas**, [s.l.], v. 22, n. 2, p. 1319- 1331, 30 mar. 2022. Doi: <http://dx.doi.org/10.53660/conj-833-f04>

BERTUZZO, V. L.; CARVALHO NETO, A. V. de; SANTOS, D. I. dos. Síntese Conjunta do compósito nanoestruturado Fe₂O₃-SnO₂ pelo método poliol e seu desempenho fotocatalítico no descoloramento da rodamina-B. **Matéria (Rio de Janeiro)**, [s.l.], v. 28, n. 1, p. 1-14, 2023. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1517-7076-rmat-2022-0180>

BICA, B. O. **Análise da eficiência fotocatalítica e do desempenho mecânico de peças pré-moldadas de concreto para pavimentação nanomodificadas com óxido de zinco e dióxido de titânio**. 2019. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 14 jun. 2019.

CAMILO, B. Q. *et al.* Resíduos sólidos na construção civil: análise da gestão frente aos impactos causados ao meio ambiente. **Research, Society And Development**, [s.l.], v. 11, n. 2, p. 1-9, 26 jan. 2022. Doi:<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.20994>

CHAJEC, A. *et al.* The use of granite powder waste in cementitious composites. **Journal Of Materials Research And Technology**, [s.l.], v. 25, p. 4761-4783, jul. 2023. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.06.253>

CLSI. Clinical and Laboratory Standards Institute. **M100**: performance standards for antimicrobial susceptibility testing. 30. ed. Wayne, Pa: Clinical And Laboratory Standards Institute, 2020. 294 p. 40 v. Disponível em: <https://www.nih.org.pk/wp-content/uploads/2021/02/CLSI-2020.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.

FRANCO, A. D. *et al.* Uso da fotocatalise heterogênea com semicondutores baseados em hidrotalcita e dióxido de titânio para o tratamento de efluentes com corantes. **Revista CIATEC-UPF**, v. 14, n. 3, p75-92, 2022.

GESTA, L. de S. F.; SANTOS, C. Q.; SOUZA, P. S. L. Permeabilidade e Microscopia de Concretos com Resíduo de Corte de Marmore e Granito como Filler. *In*: Encontro Nacional de Aproveitamento de Resíduos na Construção. 6., 2019, Belém. **Anais [...]**. Belém, PA: Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará (UFPA), 2019. p. 616–628. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/enarc/article/view/3439>. Acesso em: 19 dez. 2024.

JANCZAREK, M. *et al.* Progress of functionalized TiO₂-based nanomaterials in the construction industry: a comprehensive review. **Chemical Engineering Journal**, [s.l.], v. 430, p. 132062, fev. 2022. Doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2021.132062>

JĘDRZEJCZAK, P. *et al.* The influence of various forms of titanium dioxide on the performance of resultant cement composites with photocatalytic and antibacterial functions. **Materials Research Bulletin**, [s.l.], v. 160, p. 112139, abr. 2023. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.materresbull.2022.112139>

JENIMA, J. *et al.* A comprehensive review of titanium dioxide nanoparticles in cementitious composites. **Heliyon**, [s.l.], v. 10, n. 20, p. 1-23, out. 2024. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39238>

JESUS, M. A. M. L. de. **Desenvolvimento de nanomateriais de $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ pelo método sol-gel para aplicações nas áreas de energia e meio ambiente**. 2019. 102 f. Tese (Doutorado em Química)- Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2019.

JJAGWE, J.; OLUPOT, P. W.; CARRARA, S. Iron oxide nanoparticles/nanocomposites derived from steel and iron wastes for water treatment: a review. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 343, p. 118236, out. 2023. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118236>

KIAMAHALLEH, M. V. *et al.* Iron oxide nanoparticle incorporated cement mortar composite: correlation between physico-chemical and physico-mechanical properties. **Materials Advances**, [s.l.], v. 1, n. 6, p. 1835-1840, 2020. Royal Society of Chemistry (RSC). Doi: <http://dx.doi.org/10.1039/d0ma00295j>.

LIMA, K. P. B. de A. *et al.* Método alternativo para a determinação da consistência em argamassas de revestimento. **Research, Society And Development**, [s.l.], v. 12, n. 5, p. 1-11, 20 maio 2023. Doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i5.41715>

LIMA, M. T. A. *et al.* **Diversidade de aplicações de nanomateriais no concreto**: uma revisão. 8 abr. 2022.

LISTA MAIS. Marmorarias. Presidente Prudente, SP, 1999. Disponível em: <https://www.listamais.com.br/categoria/DQf5-42/marmorarias-em-presidente-prudente-sp>. Acesso em: 01 mar. 2025.

LIU, J. *et al.* Effects of zinc oxide nanoparticles on early-age hydration and the mechanical properties of cement paste. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 217, p. 352-362, ago. 2019. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.027>

LU, S.; MA, Y.; ZHAO, L. Production of ZnO-CoOx-CeO₂ nanocomposites and their dye removal performance from wastewater by adsorption-photocatalysis. **Journal of Molecular Liquids**, v. 364, p. 119924, 2022.

MACIEL, K. R. D. Utilização do resíduo de mármore e Granito no concreto: lacunas no conhecimento. *In*: Encontro Nacional de Aproveitamento de Resíduos na Construção. 6., Belém, PA, 2019. **Anais [...]**. Belém, PA, 2019. v. 6, p. 266-281.

MANHÃES, J. P. V. T. *et al.* Caracterização e classificação de resíduo sólido. **Química Nova**, [s.l.], v. 31, n. 6, p. 1301-1304, 2008. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422008000600005>

MISHRA, J. *et al.* Role of linker molecules on morphology of tripodal ligands based functionalized ZnO nanoparticles and its effect on photocatalysis. **Inorganic Chemistry Communications**, v. 148, p. 110333, 2023.

MONTEIRO, F. C. *et al.* Degradation of PAHs using TiO₂ as a semiconductor in the heterogeneous photocatalysis process: a systematic review. **Journal Of Photochemistry And Photobiology A: Chemistry**, [s.l.], v. 437, p. 114497, mar. 2023. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jphotochem.2022.114497>

MURALEEDHARAN, M.; NADIR, Y. Factors affecting the mechanical properties and microstructure of geopolymers from red mud and granite waste powder: a review. **Ceramics International**, [s.l.], v. 47, n. 10, p. 13257-13279, maio 2021. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.02.009>

NASCIMENTO, E. R. M. do. **Influência da granulometria nas propriedades mecânicas a tração em compósitos poliméricos reforçados com pó de granito**. 2019. Monografia (Engenharia Mecânica)- Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Caraúbas, RN, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/11227>. Acesso em: 21 nov. 2024.

NOCHAIYA, T. *et al.* Microstructure, characterizations, functionality and compressive strength of cement-based materials using zinc oxide nanoparticles as an additive. **Journal Of Alloys And Compounds**, [s.l.], v. 630, p. 1-10, maio 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jallcom.2014.11.043>

NOVA, F. V. P. V. A poluição do oceano: impactos e possibilidades. *In*: MARRONI, E. V. *et al.* **CONDOMÍNIO ATLÂNTICO**: estudos e debates. Pelotas, RS: Editora Textos, 2023. p. 175-196.

NOGUEIRA, R. F. P. *et al.* A fotocatalise heterogênea e sua aplicação ambiental. **Química Nova**, [s.l.], v. 21, n. 1, p. 69-72, fev. 1998. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40421998000100011>

OLIVEIRA, Anderson Rodrigo Moraes de *et al.* **Crystallography Open Database**. 2019. Disponível em: <https://uspmulti.prp.usp.br/public/centrais/170>. Acesso em: 30 jul. 2024.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. [s. l.], 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/>. Acesso em: 14 nov. 2024.

ORLANDI, Marcelo O. *et al.* **Microscopia Eletrônica de Varredura de Alta Resolução (MEV-FEG)**. 2009. UNESP/Araraquara. Disponível em: <https://www.iq.unesp.br/#!/lacaque/microscopia-eletronica/microscopio-eletronico-de-varredura-de-alta-resolucao-mev-feg---operado-pelo-tecnico/historico>. Acesso em: 29 abr. 2024.

PAVANI, N. M. *et al.* Nanopartículas de dióxido de titânio e óxido de zinco: síntese, caracterização e ação fotocatalítica em efluentes industriais. **Colloquium Exactarum**, v. 14, n. 1, p. 185–192, 5 jan. 2023.

POBLETE, R.; BAKIT, J. Technical and economical assessment of the treatment of vinasse from Pisco production using the advanced oxidation process. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 30, n. 27, p. 70213–70228, 2023.

QUEIROZ, L. F. T. *et al.* Efeito da utilização de areia no processamento e nas propriedades de cerâmica vermelha. **Cerâmica**, [s.l.], v. 56, n. 339, p. 279-284, jul. 2010. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s0366-69132010000300011>

RAMADJI, C. *et al.* Influence of Granite Powder on Physico-Mechanical and Durability Properties of Mortar. **Materials**, [s.l.], v. 13, n. 23, p. 5406, 27 nov. 2020. Doi: <http://dx.doi.org/10.3390/ma13235406>

RIBEIRO, J. da P. *et al.* Formação de Etringita Tardia (Delayed Ettringite Formation – DEF) em Estruturas de Concreto Armado: agentes causadores. **Zenodo**, [s.l.], p. 1-10, 5 dez. 2023. Doi: <http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.10258265>

SANTOS, T. R. T. dos *et al.* Aplicação da nanotecnologia no tratamento de águas: uma revisão. **Revisão Uningá**, Maringá, PR, v. 34, n. 2, p. 51-72, 20 jun. 2019. (2ª Seção: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias) Disponível em: <https://revista.uninga.br/uningareviews/article/view/2526>. Acesso em: 29 nov. 2023.

SALGADO, Hélio Cesar *et al.* **Microscopia Eletrônica de Varredura de Alta Resolução (MEV-FEG)**. USP/Ribeirão Preto. Disponível em: <https://emu.fmrp.usp.br/laboratorios/lmme>. Acesso em: 29 abr. 2024.

SCANFERLA, C. E. *et al.* Nanofibras de ZnO produzidas por eletrofiação: síntese, caracterização e atividade fotocatalítica. **Brazilian Journal Of Development**, [s.l.], v. 9, n. 4, p. 12874-12894, 5 abr. 2023. Doi: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv9n4-022>

SHARMA, D. *et al.* Synthesis of ZnO nanoparticles and study of their antibacterial and antifungal properties. **Thin Solid Films**, [s.l.], v. 519, n. 3, p. 1224-1229, nov. 2010. Elsevier BV. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tsf.2010.08.073>.

SOUZA, E. T. A. de; MONTEIRO, S. N.; VIEIRA, C. M. F.. Revestimento cerâmico com granito e argila caulínica. **Cerâmica**, [s.l.], v. 50, n. 314, p. 122-127, jun. 2004. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s0366-69132004000200008>

TAMASHIRO, J. R. *et al.* Treatment of Sugarcane Vinasse Using Heterogeneous

Photocatalysis with Zinc Oxide Nanoparticles. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 14, n. 23, p. 1–15, 2022.

TAMASHIRO, J. R. *et al.* Doping engineering for controlled hydration and mechanical properties in Portland cement mortar with ultra-low ZnO concentration. **Journal of Building Engineering**, v. 78, p. 107748, 2023.

VIÇOZZI, A. P. *et al.* **Conhecendo as Rochas Ígneas!** Bagé, RS: Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), 2016. Disponível em: <https://sites.unipampa.edu.br/mvgrp/conhecendo-as-rochas-igneas/>. Acesso em: 22 jul. 2023.

WANG, D. *et al.* Recent Advances in the Reutilization of Granite Waste in Various Fields. **Journal Of Material Science And Technology Research**, [s.l.], v. 8, p. 30-40, 30 nov. 2021. Doi: <http://dx.doi.org/10.31875/2410-4701.2021.08.5>

WERNICK, E. **Rochas magmáticas conceitos fundamentais e classificação modal, química, termodinâmica e tectônica.** São Paulo: Editora UNESP, 2004.