

## **ÁREA TEMÁTICA: ENGENHARIA E TECNOLOGIA**

## NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE MAGNÉSIO: UTILIZAÇÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

**Glauceia Warmeling Duarte<sup>1</sup>; Márcia de Espindola Moraes<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>NUTEC. Centro Universitário Barriga Verde. gwduarte@gmail.com

<sup>2</sup>ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Centro Universitário Barriga Verde. marcyaespidola@gmail.com

**Resumo:** Diversos processos são desenvolvidos para o tratamento de efluentes industriais, muitos deles com o uso de nano materiais. O nano-óxido de magnésio (MgO) mostra-se promissor para esta finalidade, pois é considerado um ótimo adsorvente. Assim, este artigo apresenta um estudo bibliográfico com o objetivo de avaliar as principais utilizações de nanopartículas de óxido de magnésio no tratamento de efluentes industriais. Os resultados finais obtidos mostram que a nanopartícula de MgO pode ser utilizada para essa finalidade por possuir características muito significativas para descontaminação dos efluentes industriais, funcionando como adsorvente para a maioria dos metais, e também por suas propriedades antibacterianas, de alto ponto isoelétrico, alta capacidade de adsorção, boa estabilidade térmica, química e biocompatibilidade.

**Palavras-chave:** Nanopartícula. Estação de tratamento de efluentes. Óxido de magnésio.

### Introdução

Por muito tempo, achava-se que o meio ambiente era uma fonte de recursos naturais que jamais se acabaria, podendo ser utilizado pela humanidade sem restrições. Imaginava-se que a natureza teria capacidade de se reciclar constantemente, fornecendo tudo que fosse necessário, o que atualmente já se sabe que não acontece.

Mundialmente, percebe-se que há uma diminuição considerável dos recursos naturais disponíveis e, ainda, uma contaminação acelerada dos existentes. Diante disso, em função do progresso científico que a humanidade vive, percebendo-se que esse uso irrestrito poderia levar a destruição de todas as vidas no planeta, passou a ser objeto de estudo desenvolver formas de lidar com essa situação (SILVA, 2003).

Para Cerqueira (2000), uma das formas de poluição do meio ambiente é resultado da emissão de efluentes líquidos nos recursos hídricos, que ocorre em

proporções graves, e está intimamente relacionado a causas de saúde pública e integridade do meio ambiente. Para minimizar esses danos, considerando efluentes de quaisquer origens, necessita-se estudar as opções de tratamentos existentes (LEME, 2014), para que estes sejam liberados com menor prejuízo possível aos leitos de rios e mares.

No caso dos efluentes industriais, existem muitos métodos utilizados para seu tratamento, podendo ser divididos em: químicos, físicos e biológicos. O processo químico, transforma. Quimicamente, o contaminante em uma substância menos prejudicial ao meio. O processo físico, remove os contaminantes por meio de um adsorvente ou filtrante. E o biológico, utiliza oxidação do contaminante por bactérias aeróbicas e anaeróbicas (CERQUEIRA, 2006).

A busca pelo uso de métodos capazes de reduzir a poluição, traz a linha de pesquisa para outras ciências, como por exemplo a nanotecnologia, que é caracterizada como uma ciência multidisciplinar, dentre as áreas envolvidas no estudo de tratamentos de efluentes industriais (FRANCISCO; ESTEPA, 2018), e que atua a partir do uso de nanomateriais.

O prefixo nano, refere-se a materiais com pelo menos uma de suas dimensões na escala  $10^{-9}$  m, ou simplesmente 1nm (um nanômetro). A escala nanométrica representa um estágio intermediário entre átomos e moléculas e a matéria condensada (sólidos estendidos). Assim, na escala nanométrica o comportamento da matéria pode não seguir as leis clássicas e como consequência, as propriedades gerais serão diferentes ou intensificadas se comparado com seus respectivos sólidos estendidos (DIAS, 2016).

Dentre os nanomateriais de grande interesse científico, pode-se citar os óxidos metálicos e, dentre estes, o nano óxido de magnésio, que é um metal alcalino, de estrutura cristalina simples, alto ponto isoelétrico, alta capacidade de adsorção, que apresenta boa estabilidade térmica, química e biocompatibilidade. Este material pode ser produzido em diversas formas geométricas e é amplamente conhecido por ter diversas aplicações industriais (DUARTE, 2018), como por exemplo no tratamento de alguns tipos de efluentes.

Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar, a partir de um estudo bibliográfico, as principais utilizações de nanopartículas de óxido de magnésio no tratamento de efluentes industriais. Discute-se os resultados finais obtidos a fim de apurar dados para a comparação entre os materiais e técnicas utilizadas, verificando os tipos de tratamentos de efluentes avaliados cientificamente para utilização do óxido de magnésio.

### **Procedimentos Metodológicos**

O trabalho foi desenvolvido com base em uma pesquisa qualitativa, onde o objetivo do estudo é entender o porquê de determinados comportamentos (OLIVEIRA, 2008). O tema estudado trata-se da utilização da nanopartícula do óxido de magnésio no tratamento de efluentes industriais, seguindo uma sistemática na coleta de informações oferecendo resultados mais completos para sua conclusão.

A pesquisa foi desenvolvida a partir de um estudo bibliográfico, utilizando como fonte de informação artigos científicos nacionais e internacionais, onde há um material já elaborado, possibilitando relacionar e associar variáveis sobre o tema abordado (GIL, 2008).

A busca pelos artigos científicos avaliados foi feita através do Google® acadêmico utilizando palavras chaves relacionadas ao tema, sendo então dividida em grupos, apresentadas na pesquisa da seguinte forma: “óxido de magnésio” e “efluentes industriais”, como resultado, obteve-se um total de 8200 artigos. Os termos individuais “nanopartículas de óxido de magnésio” e “estação de tratamento de efluentes industriais”, retornaram 13100 e 68400 artigos, respectivamente.

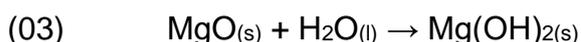
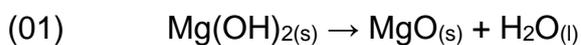
Foi realizada uma classificação prévia destes artigos com o objetivo de encontrar referência à utilização de nanopartículas de óxido de magnésio em processos de tratamento de efluentes industriais e foram selecionados para estudo artigos científicos que continham o tema no título, resumo ou nas palavras chaves e que tivessem acesso aberto. A seleção aconteceu de forma aleatória e intencional, obtendo-se 60 artigos ligados diretamente ao tema no título. Em um segundo momento, foi verificado em cada um deles o resumo para checar relação ao tema abordado.

O objetivo foi buscar artigos que demonstrassem de forma clara a função do óxido de magnésio no tratamento de efluentes industriais, também em relação aos componentes químicos qual o comportamento dos contaminantes. Houve a seleção de 26 artigos, a leitura foi necessária para então determinar o que realmente faria parte das análises comparativas. Dentre eles selecionou-se por fim 20 artigos de pesquisa, 3 dissertações de mestrado e 3 teses de doutorado.

### **Aplicação e propriedades do óxido de magnésio**

O óxido de magnésio é um metal alcalino que possui diversas aplicações devido às suas propriedades, como: em formulações de concretos refratários, na produção de biodiesel, como aditivo, como adsorvente de metais pesados, eficiente em aplicação em catálise, entre outros. Possui cor branca e estrutura cristalina cúbica simples, sendo obtido principalmente a partir da degradação térmica de hidróxido de magnésio ou carbonato de magnésio (Equações 01 e 02).

Por ser altamente higroscópico, ele tende a formar hidróxido, mais estável à temperatura ambiente (Equação 03) (MARTINS, 2010).



A forma natural do óxido de magnésio é conhecida como periclásio, nome do mineral encontrado em rochas metamórficas e que contém o composto de magnésio. É amplamente utilizado como material refratário, tais como constituinte de fornos para a produção de ferro e aço, absorvente de umidade utilizado por bibliotecas e como suporte e promotores de catalisadores (MARTINS, 2010).

A nanopartícula de MgO pode ser utilizada em efluentes como agente antibacteriano. Esta propriedade é dependente das condições de processamento, do tamanho das partículas e da concentração utilizada. Dentre eles, três mecanismos antibacterianos foram propostos: formação de ROS (espécies reativas de oxigênio), que se dá pela perda ou ganho de elétron, ficando com elétron desemparelhado; a

interação de nanopartículas com bactérias, danificando posteriormente a célula bacteriana e um efeito alcalino (TANG; LV, 2014).

O nano óxido de magnésio apresenta propriedades antimicrobianas contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. A atividade antimicrobiana do MgO é relacionada à presença de oxigênio ativo como superóxido ( $O_2^-$ ) na superfície das partículas de MgO (SAWAI *et al.*, 2000).

Segundo Jin e He (2011), verificou-se que o MgO pode danificar a membrana celular, causando perda de conteúdo intracelular e morte celular bacteriana. A geração de espécies reativas de oxigênio foi atribuída à alcalinidade da superfície do MgO (YAMAMOTO *et al.*, 2010).

A ação bactericida das nanopartículas de MgO pode ser devida à ligação de oxigênio superficial para bactérias. Como a área da superfície das partículas, aumenta a concentração de íons oxigênio na superfície, pode resultar em uma destruição mais eficaz da membrana citoplasmática e da parede celular de bactérias (OLMOS; JIMENEZ; DIAZ, 2018).

Ainda, as partículas de óxido de magnésio apresentam excelentes propriedades de adsorção. Sendo adsorção química o que lidera no processo, no caso do seu uso para remoção de ureia de soluções aquosas, este processo depende do pH, que idealmente deve estar entre 3,0 e 4,0 (WANG *et al.*, 2017).

O nano óxido de magnésio também foi estudado como adsorvente para remoção de flúor da água potável. A área de superfície do adsorvente utilizado era 92,46 m<sup>2</sup>/g. Os estudos de adsorção de fluoreto foram realizados variando o pH, a quantidade de adsorvente e a concentração inicial de fluoreto. Os resultados mostraram que a adsorção de flúor pelo nano-MgO foi menos sensível às variações de pH. Na concentração de dosagem de 0,6 g/L, foi obtida a remoção máxima de fluoreto, cerca de 90%. A sorção de fluoreto foi influenciada principalmente pela presença de hidróxido, seguida de sulfato, bicarbonato e cloreto, respectivamente. O comportamento de adsorção deste adsorvente ocorre por adsorção de multicamadas. Além disso, os autores verificaram que o uso de uma solução 1 M de HCl funciona como um bom solvente, pois fornece 95% de capacidade de sorção para a remoção do fluoreto (DEVI *et al.*, 2012).

O óxido de magnésio foi impregnado em biomassa de origem vegetal através de um procedimento simples de pirólise em uma etapa, e um híbrido óxido de magnésio com biocarvão adsorvente foi obtido para desfluoridação altamente eficiente da água. O biocarvão nano poroso impregnado com nano-MgO aumentou a adsorção de flúor, que se mostrou dependente do pH e aproximou-se do equilíbrio em 400 minutos. Esse material exibiu grande preferência de sorção pelo fluoreto na presença de altos níveis de ânions concorrentes (cloreto, nitrato, sulfato e carbonato), devido à sua estrutura híbrida. Os resultados indicam que o MgO com biocarvão têm um grande potencial de diminuir o fluoreto de várias fontes de água (WAN *et al.*, 2019).

Por se tratar de partículas em escala nano, pode-se concluir que este material além de ser um agente antibacteriano promissor, pode ser a solução para a aplicação em efluentes industriais com essa característica de contaminação (SRIVASTAVA; SHARMA; SILLANPÄÄ, 2014).

Outro estudo utilizando óxido de magnésio e óxido de zinco, de maneira conjunta, mostra que eles possuem altas capacidades de adsorção e podem ser utilizados em efluentes que possuam metais pesados e fortemente carregados. Podem ser tratados como nano adsorventes para tratamento de águas residuais industriais de galvanoplastia usando cobre como contaminante de teste. Porém, mesmo apresentando boa capacidade de adsorção em ambas as amostras de águas residuais industriais simuladas e reais, e devido a capacidade de adsorção comparativamente alta e sua natureza esponjosa, o MgO é considerado como um melhor adsorvente que o ZnO (CAMTAKAN, ERENTURK, YUSAN, 2012).

Segundo os estudos de Ma *et al.* (2018), os nanomateriais de MgO são candidatos muito promissores para aplicações de remoção de fosfato. A superfície de MgO hidrolisa inicialmente com água e depois se dissocia para formar uma superfície catiônica, ambos os processos levam à interação mecanismo para remover os íons de metais pesados tóxicos. Normalmente, pequenos nanofios e nanotubos podem gerar grande área de superfície e mais grupos hidroxila, o que pode aumentar a capacidade de adsorção. Para remover arsênio e fósforo, com capacidades máximas de adsorção de  $620 \pm 6,2$  mg / g e  $962 \pm 8,6$  mg / g, respectivamente, os nano fios de MgO são excelentes.

Para Liu *et al.* (2011), nano folhas de MgO porosas também demonstram um desempenho excepcional de remoção de arsênio de soluções aquosas. Sua capacidade máxima de sorção poderia atingir 506,6 mg/g.

Merjia *et al.* (2009) estudaram uma metodologia para pré tratar um zeólito natural (chabazita) com óxido de magnésio para remover o arsênio na água para consumo humano. A análise de difração de raios X mostra mudanças significativas na chabazita devido à presença de óxidos e hidróxidos amorfos incorporados durante o pré-tratamento. Apresenta-se nesta análise uma eficiência superior a 90% de arsênio adsorvido em um tempo de cinco minutos. Os resultados indicam que as variáveis mais significativas que afetam a adsorção são a concentração inicial de arsênio e a razão sólido/líquido.

### Considerações Finais

Pode-se afirmar que a utilização de nano óxido de magnésio no tratamento de efluentes industriais, onde existe a concentração de muitos metais pesados, é muito promissora, por se tratar de um material com alta resistência ao processamento severo.

O MgO também apresenta o pH semelhante à água, sendo a combinação perfeita para remover os arsenatos e fosfatos da água potável. Além disso, é compatível com a maioria dos metais, possuindo excelentes propriedades de adsorção destes íons de águas residuais.

Ainda, é importante salientar que todas as propriedades de remoção apresentadas são fortemente dependentes do tamanho das nanopartículas utilizadas, da sua forma geométrica e da concentração.

Assim, para uma conclusão mais exata sobre o seu uso é necessário experimentos para comprovar com precisão a eficiência de remoção de cada resíduo encontrado em um efluente industrial e a recuperação dele conforme aplicação.

### Referências

CAMTAKAN, Zeyneb; ERENTURK, Sema (Akyil); YUSAN, Sabriye (Doyurum). Magnesium Oxide Nanoparticles: Preparation, Characterization, And Uranium Sorption Properties. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, v.31, n.4, p.536-543, dez.2012. Disponível em:

<https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/toc/19447450/2012/31/4>. Acesso em: 12 fev. 2020.

CERQUEIRA, A. A. **Utilização de Argilas na remoção de íons cromo presentes em efluentes industriais**. 2000. 53f. Monografia (Especialização em Química Ambiental) Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2000.

CERQUEIRA, Alexandre Andrade. **Aplicação da Técnica de Eletrofloculação no Tratamento de Efluentes Têxteis**. 2006.11f. Dissertação (Mestrado em Química) Instituto de Química. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em:  
[https://www.academia.edu/3450110/Aplica%C3%A7%C3%A3o\\_da\\_t%C3%A9cnica\\_de\\_eletroflocula%C3%A7%C3%A3o\\_no\\_tratamento\\_de\\_efluentes\\_t%C3%Aaxteis](https://www.academia.edu/3450110/Aplica%C3%A7%C3%A3o_da_t%C3%A9cnica_de_eletroflocula%C3%A7%C3%A3o_no_tratamento_de_efluentes_t%C3%Aaxteis). Acesso em: 04 fev. 2020.

DEVI, R. R. *et al.* Defluoridation Of Water Using Nano-Magnesium Oxide. **Journal of Experimental Nanoscience**, v.9, n.5, 2012. Disponível em:  
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17458080.2012.675522>, Acesso em: 11 fev. 2020.

DIAS, Patrícia Moura. **Nanotecnologia**. Disponível em:  
<http://www.fundacentro.gov.br/Arquivos/sis/EventoPortal/AnexoPalestraEvento/Seg%20Quimica%20Nano%2012%202016.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2020.

DUARTE, Glaucea Warmeling. **Obtenção De Nanopartículas de MgO revestidas com carbono: avaliação dos parâmetros de síntese e tratamento térmico na morfologia das nanoestruturas obtidas**. 2018. 110f. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Centro Tecnológico. UFSC.- Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2018. Disponível em:  
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/206023/PENQ0814T.pdf?sequence=-1>. Acesso em: 12 abr. 2020.

FRANCISCO, E. Villena De; ESTEPA, R. M. García. Nanotechnology in the agrofood industry. **Journal of Food Engineering**, v.238, p. 1–11, dez. 2018.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2008. 175 p.

JIN, T.; HE, Y. Antibacterial activities of magnesium oxide (MgO) nanoparticles against foodborne pathogens. **Journal of Nanoparticle Research**, v.13, n.12, p.6877-6885, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11051-011-0595-5>. Acesso em: 20 jul. 2020.

LEME, E. J. DE A. **Manual Prático de Tratamento de Águas Residuárias**. 2. ed. São Carlos: EsUFSCar, 2014.

LIU, Y. *et al.* Exceptional As(III) Sorption Capacity by Highly Porous Magnesium Oxide Nanoflakes Made from Hydrothermal Synthesis. **Journal of de American Ceramic Society**, v.94, n.1, p. 217-223, jan. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1551-2916.2010.04043.x>. Acesso em: 11 fev. 2020.

MA, G. *et al.* Highly active magnesium oxide nano materials for the removal of arsenates and phosphates from aqueous solutions. **Nano Structures and Nano Objects**, v.13, p.74-81, fev. 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/321978600\\_Highly\\_active\\_magnesiumoxid\\_e\\_nanomaterials\\_for\\_the\\_removal\\_of\\_arsenates\\_and\\_phosphates\\_from\\_aqueous\\_solutions](https://www.researchgate.net/publication/321978600_Highly_active_magnesiumoxid_e_nanomaterials_for_the_removal_of_arsenates_and_phosphates_from_aqueous_solutions). Disponível em: 11 fev. 2020.

MARTINS, André Rosa. **Desenvolvimento de Catalisadores de Platina suportada em Óxido de Alumínio e Magnésio para reforma a vapor do gás natural**. 2010. 135p. Dissertação (Mestrado em Química). Instituto de Química. Universidade Federal Da Bahia. Salvador – BA, 2010. Disponível em: [https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/20214/1/dissert\\_andre\\_martins.pdf](https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/20214/1/dissert_andre_martins.pdf). Acesso em 01 maio 2020.

MERJIA, Z. F. *et al.* Adsorção de arsênico em zeólito natural pré-tratado com óxidos de magnésio. **Rev. Int. Contam. Ambient**, México, v.25, n.4, p.217-227, nov. 2009 Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v25n4/v25n4a2.pdf>. Acesso em: 03 maio 2020.

OLIVEIRA, Cristiano Lessa de. **Um Apanhado Teórico-Conceitual Sobre A Pesquisa Qualitativa: Tipos, Técnicas E Características**. Travessias, v.2, n.3, p.1-16, 2008. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/travessias/article/view/3122/2459>. Acesso em: 12 abr. 2020.

OLMOS, América Rosalba Vázquez; JIMÉNEZ, Alejandro Luis Vega; DÍAZ, Blanca Paz. Mechanosynthesis and antimicrobial effect of nanostructured metal oxides. **Mundo Nano**, v. 11, n.21, p.29-44, dez. 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Alejandro\\_Vega-Jimenez/publication/326197916\\_Mechanosynthesis\\_and\\_antimicrobial\\_effect\\_of\\_nanostructured\\_metal\\_oxides/links/5b3d7e240f7e9b0df5f3bddd/Mechanosynthesis-and-antimicrobial-effect-of-nanostructured-metal-oxides.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alejandro_Vega-Jimenez/publication/326197916_Mechanosynthesis_and_antimicrobial_effect_of_nanostructured_metal_oxides/links/5b3d7e240f7e9b0df5f3bddd/Mechanosynthesis-and-antimicrobial-effect-of-nanostructured-metal-oxides.pdf). Acesso em: 04 ago. 2020.

SAWAI, J. *et al.* Antibacterial characteristics of magnesium oxide powder. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.16, n.2, p.187-194, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1008916209784>. Acesso em: 14 abr. 2020.

SILVA, A. K. P. *et al.* **Reuso de Água e suas implicações jurídicas**. São Paulo: Navegar, 2003, 579p.

SRIVASTAVA, Varsha; SHARMA, Y.C; SILLANPÄÄ, Mika. Green Synthesis Of Magnesium Oxide Nanoflower And Its Application For The Removal Of Divalent Metallic Species From Synthetic Wastewater. **Ceramic International**, v.31, n.5, p. 6702-6709, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884215001595>. Acesso em: 11 fev. 2020.

TANG, Zhen-Xing; LV, Bin-Feng. MgO nanoparticles as antibacterial agent: preparation and activity. **Braz. J. Chem. Eng.**, São Paulo , v. 31, n. 3, p. 591-601, set. 2014 . Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-66322014000300002&lng=en&nrm=iso..](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-66322014000300002&lng=en&nrm=iso..) Acesso em 12 maio 2020. <https://doi.org/10.1590/0104-6632.20140313s00002813>.

WAN, S. *et al.* Enhanced Fluoride Removal from Water by Nanoporous BiocharSupported Magnesium Oxide. **Ind. Eng. Chem. Res.** China, v.58, n.23, p.9988–9996, maio 2019. Disponível em: <https://pubs.acs.org/journal/iecred#>. Acesso em: 11 fev. 2020.

WANG, Yunsheng *et al.* The Effect of Magnesium Oxide Morphology on Adsorption of U(VI) from Aqueous Solution. **Chemical Engineering Journal**, v.316, n.15, p.936-950, maio, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894717301262>, Acesso em: 11 fev. 2020.

YAMAMOTO, O. *et al.* Antibacterial characteristics of CaCO<sub>3</sub>–MgO composites. **Materials Science and Engineering**, v.173, n.1, p.208-212, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2009.12.007>. Acesso em: 20 jul. 2020.

## PROTÓTIPO DE SISTEMA WEB PARA HOSPEDAGEM E GERENCIAMENTO DE ATIVIDADES DE EXTENSÃO EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

**Jonas Ceolin Alberton<sup>1</sup>; Nacim Miguel Francisco Junior<sup>2</sup>; Elvis Bloemer Meurer<sup>3</sup>; Ricardo Alexandre Vargas Barbosa<sup>4</sup>; Felipe Borges da Silva<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Sistemas de Informação.UNIBAVE.E-mail: jonasceolin@gmail.com

<sup>2</sup>Sistemas de Informação.UNIBAVE.E-mail: si@unibave.net

<sup>3</sup>Sistemas de Informação. UNIBAVE. E-mail: elvisbm@hotmail.com

<sup>4</sup>Sistemas de Informação. UNIBAVE. E-mail: rbfigura@gmail.com

<sup>5</sup>Sistemas de Informação. UNIBAVE. E-mail: felipe\_fifa@hotmail.com

**Resumo:** Este artigo tem como objetivo principal criar o vínculo entre instituição, alunos e comunidade, a fim de promover a percepção humana e solidária dos alunos para com a sociedade. Mais recentemente foi aprovada a Resolução nº 7 MEC/CNE/CES, de 18 de dezembro de 2018, que estabelece novas diretrizes para extensão universitária e traz consigo um conjunto de novos requisitos e regras. Este artigo visa desenvolver uma ferramenta que auxilie as instituições de ensino e alunos a cumprirem as novas determinações, por meio de protótipo de um sistema web para hospedagem e gerenciamento de atividades de extensão online, utilizando uma abordagem de pesquisa qualitativa em conjunto com objetivos exploratórios a respeito do tema. Ao fim, o protótipo foi finalizado atendendo os objetivos iniciais deste projeto.

**Palavras-chave:** Spring Boot. Atividades de extensão. Design responsivo.

### Introdução

A formação de um profissional capacitado para o mercado de trabalho não deve ser a única preocupação de uma instituição de ensino superior, ela deve também contribuir para formação de cidadãos éticos, solidários e humanos, que serão os responsáveis por mudar os moldes da sociedade a qual estão inseridos. Nesse sentido, é necessário que os novos cidadãos que estão sendo formados tenham a capacidade de entender os problemas existentes e mais ainda, que tenham pró atividade para construir soluções alternativas, a fim de aprimorar o meio social no qual vive.

Em busca de resolver tal desafio, as instituições de ensino têm utilizado as atividades de extensão para desenvolver esta percepção nos alunos, buscando integrar alunos, professores e sociedade, em algum tipo de atividade.

A extensão universitária em uma dimensão de mudança social na direção de uma sociedade mais justa e igualitária, tem portanto, obrigatoriamente, de ser uma função de comunicação da universidade com o seu meio, possibilitando, assim, a sua realimentação face à problemática da sociedade, propiciando uma reflexão crítica e revisão permanente de suas funções de ensino e pesquisa (GURGEL, 1986, p.60).

De acordo com Nogueira (2013) as atividades de extensão podem ser realizadas por meio de cursos, prestação de serviços, ações comunitárias, difusão de resultados de pesquisas, dentre outras formas de ações que variam de acordo com a realidade regional de onde a universidade estiver inserida. Com isso, é necessário que a universidade desempenhe tempo e dedicação para entender as necessidades ou possíveis melhorias que se encaixam na sociedade ao seu redor, a fim de trazer atividades que tragam algum resultado à sociedade, de acordo com cada realidade.

Mais recentemente foi aprovada a Resolução nº 7 MEC/CNE/CES, de 18 de dezembro de 2018 (BRASIL, 2018), que estabelece novas diretrizes para extensão universitária e traz consigo um conjunto de novos requisitos e regras.

Portanto, o objetivo geral deste artigo foi desenvolver um protótipo de plataforma web, que seja capaz de hospedar atividades de extensão criadas por alunos e professores na modalidade cursos online, para que a instituição possa ofertar à comunidade, de forma gratuita, e proporcionar uma atividade de interação entre alunos, instituição e comunidade. Além da simples hospedagem, o protótipo conta com um fluxo de gerenciamento e validação das atividades desenvolvidas, onde o departamento responsável por este setor irá avaliar e deferir se a atividade pode ser publicada ou se necessita de ajustes.

Além de gerenciar todo o fluxo de validação, este projeto tem como objetivos específicos: fazer com que a plataforma também possa emitir certificados como fonte de comprovação de horas de atividades de extensão, tanto para os criadores quanto aos alunos das atividades, possibilitar que alunos e comunidade possam desempenhar as atividades de forma online em alternativa às presenciais, e também construir o protótipo utilizando o framework Angular que é atualmente mantido pelo próprio Google para o desenvolvimento do Front-end e framework spring Boot e toda

sua stack cloud com padrão de comunicação REST para a construção do Back-end do protótipo.

### **Procedimentos Metodológicos**

Para viabilizar o desenvolvimento da plataforma foram utilizadas a linguagem de programação Java, para a implementação do servidor back-end em conjunto com o framework Spring Boot e o banco de dados Postgresql para o armazenamento das informações. Foram escolhidas estas tecnologias combinadas, pois trazem uma arquitetura bem estruturada, simplificada e flexível, que contam com dependências configuradas de forma automática além de drivers pré-instalados para a conexão com o banco de dados. O Spring não é um framework apenas, mas um conjunto de projetos que resolvem várias situações do cotidiano de um programador, ajudando a criar aplicações Java com simplicidade e flexibilidade (AFONSO, 2017).

Na parte visual do sistema também chamada no meio técnico de front-end, foi utilizado o framework Angular que tem sua arquitetura definida em componentes reutilizáveis e de responsabilidades únicas. E como linguagem de programação Front-end, foi utilizada a linguagem Typescript que proporciona um desenvolvimento orientado a objetos e padrões bem definidos de comunicação proporcionando assim, uma implementação padronizada e de maior escalabilidade.

### **Resultados e Discussão**

Levando em conta que os smartphones estão mais presentes nas vidas das pessoas nos dias de hoje, este protótipo foi desenvolvido com o propósito de ser altamente responsivo quanto à sua utilização, ou seja, ele possui interfaces que se adaptam aos dispositivos móveis, fazendo com que a pessoa possa acompanhar e fazer as atividades sem a necessidade de um computador.

Com os propósitos já definidos, buscando desenvolver um protótipo de uma plataforma web para hospedagem e gerenciamento de atividades de extensão para uma instituição de ensino superior, foi iniciado o desenvolvimento. O protótipo possui 9 telas principais que vão do cadastro e login do usuário, até o cadastro das atividades e o fluxo de validação das mesmas, para que então, possam ser exibidas na

plataforma. Um ponto importante da plataforma é o nível de permissão de acesso às interfaces que cada um dos 3 tipos de usuários pode acessar.

Dentro do protótipo podemos encontrar 3 tipos diferentes de usuário, que são: **User**, **Creator** e **Admin**. **Users** são os usuários normais que podem criar uma conta na plataforma e consumir todas as atividades disponíveis e também ter acesso aos certificados gerados após a finalização da atividade. **Creators** são usuários comuns como os citados anteriormente, porém tem permissão do administrador para que possam criar as atividades dentro da plataforma e com isso, também receber um certificado de participação com criador de conteúdo. **Admins** são aqueles gerados através do script inicial do banco de dados, e tem autoridade para aceitar ou não as solicitações de permissão para que um **user** se torne um **creator**, e também validar as atividades criadas, podendo solicitar ajustes e definindo qual a carga horária da mesma antes de publicar na plataforma. A figura 1 apresenta os níveis de acesso para cada tipo de usuário.

**Figura 1-** Tipos e níveis de acesso dos usuários



Fonte: Autores (2019).

O desenvolvimento do protótipo foi idealizado de forma que, caso seja implantado, de fato, em uma universidade, a mesma possa configurar todo o conjunto de características do layout do protótipo, como: tema, cores, imagens, modelos de certificados e logotipo, pois estas configurações se encontram em um único ponto do código fonte. Para fins demonstrativos, fora utilizado neste protótipo um nome fictício de uma instituição de ensino chamada “EDU”.

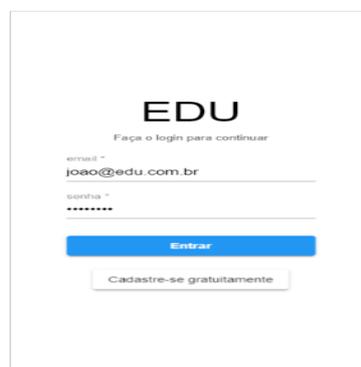
Para exemplificação dos níveis de acesso que cada tipo de usuário possui dentro do protótipo, serão utilizados 2 usuários. O usuário Jonas Ceolin (**admin**) que por sua vez é gerado a partir dos scripts iniciais do banco de dados, e o usuário João Ceolin (**user**), que será criado nos próximos parágrafos, e sofrerá mudança nas suas permissões de acesso ao ponto que se tornará um **creator**.

Para acessar a aplicação, o usuário precisa criar uma conta na plataforma utilizando a tela de cadastro de usuários, informando apenas alguns dados, uma senha e concordar com os termos, estes podendo ser configurados por cada instituição de acordo com suas diretrizes. A figura 2a exibe a interface de cadastro de usuários na plataforma.

Após ter feito o cadastro, o usuário já pode acessar a aplicação através da tela de acesso representada na figura 2b. Para demonstração foram criadas atividades relacionadas à tecnologia, porém a plataforma pode aceitar qualquer tipo de atividade, desde que a mesma esteja de acordo com as diretrizes do departamento responsável pela administração da aplicação dentro da instituição de ensino.

**Figura 2 - a)** Cadastro de usuários.

**b)** Login.



Fonte: Autores (2019).

Ao acessar a aplicação, o usuário é direcionado diretamente para a tela de listagens de atividades, que exibe todas as atividades já publicadas que estão disponíveis na plataforma, como na figura 3a. Para iniciar a atividade, ou apenas visualizar seu conteúdo, basta clicar no card da imagem, e o protótipo direcionará o usuário para a interface que exibe os detalhes da atividade, como: título, criador, resumo, capítulos e aulas, conforme a figura 3b.

**Figura 3 - a) Lista de atividades**



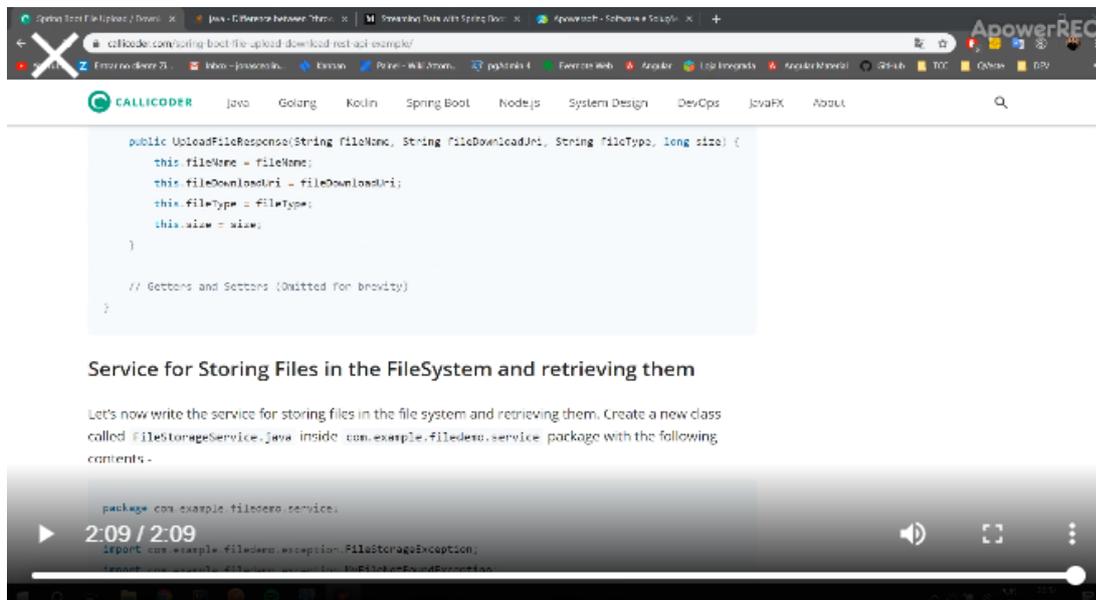
**b) Detalhes da atividade**



Fonte: Autores (2019)

Para visualizar cada aula, basta que o usuário clique no ícone de player de vídeo em cada aula na imagem 3b, então será exibida a aula como mostra a figura 4.

**Figura 4 - Player das aulas.**

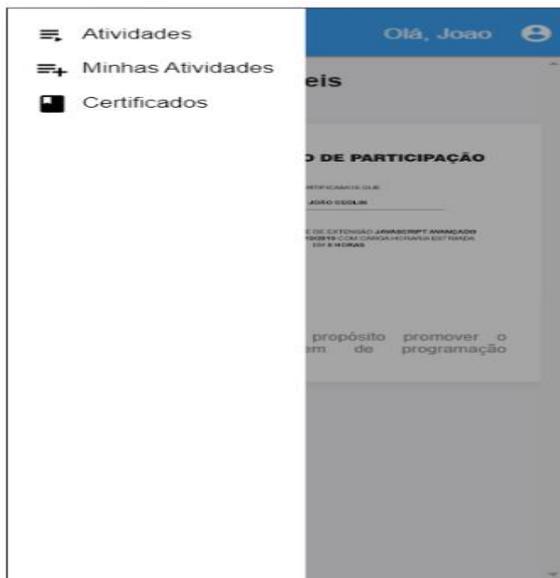


Fonte: Autores (2019).

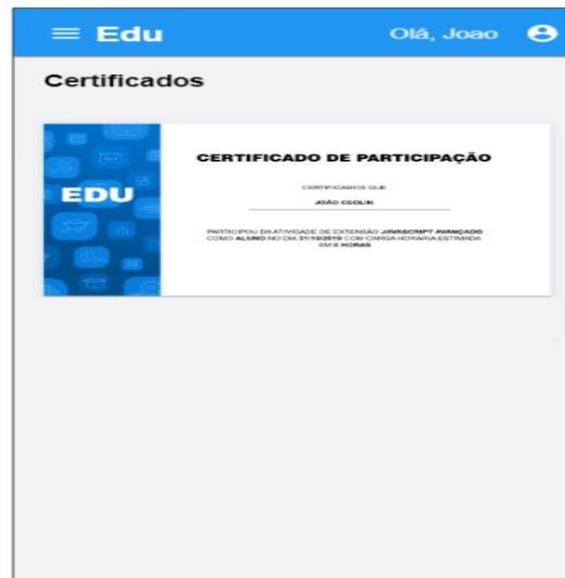
Ao finalizar todas as aulas de uma atividade, o protótipo gera, de forma automática, um certificado de participação para usuário, apresentando nome do usuário, nome da atividade, carga horária estimada e data de finalização. Todos os certificados ficam disponíveis na interface que lista os certificados e pode ser acessada através do menu principal no canto superior esquerdo, assim como as demais telas, como mostra a figura 5a. O usuário pode também visualizar o certificado e baixar no formato pdf, bastando apenas clicar no certificado como mostra a figura 5b.

O modelo apresentado na figura 5b também fora criado para fins ilustrativo. Ele pode ser modificado de acordo com o padrão da instituição que estiver utilizando o protótipo, bastando apenas reposicionar a mesclagem dos dados com o modelo customizado da instituição.

**Figura 5 - a) Menu principal.**



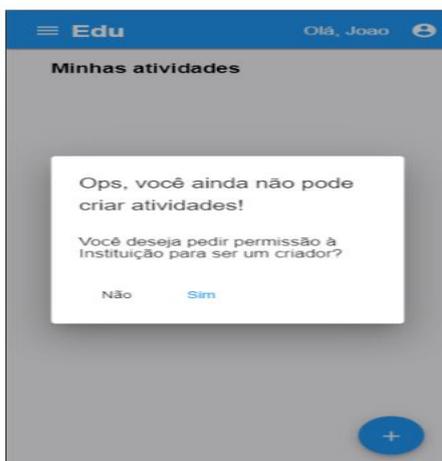
**b) Lista de certificados.**



Fonte: Autores (2019).

Para criar uma atividade, o usuário precisa da permissão do **admin**. Para tal, ao acessar a tela de minhas atividades, onde são exibidas as atividades criadas pelo usuário, basta clicar no botão: “criar”, no canto inferior direito. Como o usuário não possui a permissão ainda, o protótipo exibe uma mensagem informando sobre a situação e questiona se o usuário deseja enviar uma solicitação ao administrador, para se tornar um **creator**. A figura 6 exibe esta mensagem.

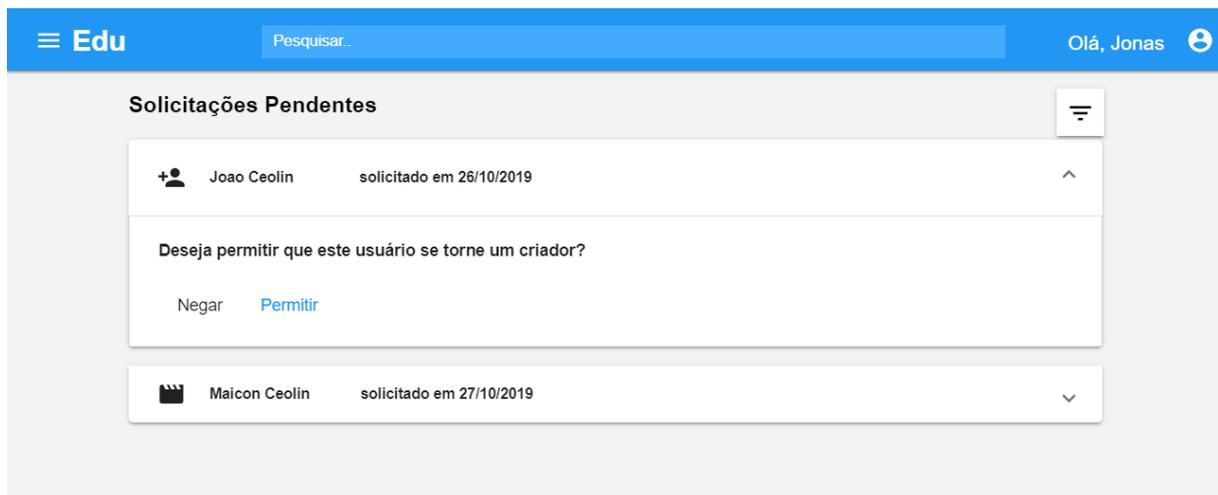
**Figura 6 - Lista de atividades criadas pelo usuário.**



Fonte: Autores (2019).

Ao clicar em “sim”, o sistema gera uma solicitação para o administrador, que ficará na lista de pendências a serem resolvidas. No tipo de solicitação de permissão de criação de atividades, o admin pode tomar 2 decisões, aceitar ou negar. A figura 7 mostra como essas solicitações aparecem na interface de solicitações, que pode ser acessada somente a partir da conta de um **admin**.

**Figura 7** - Lista de solicitações conta admin, modo desktop.



Fonte: Autores (2019).

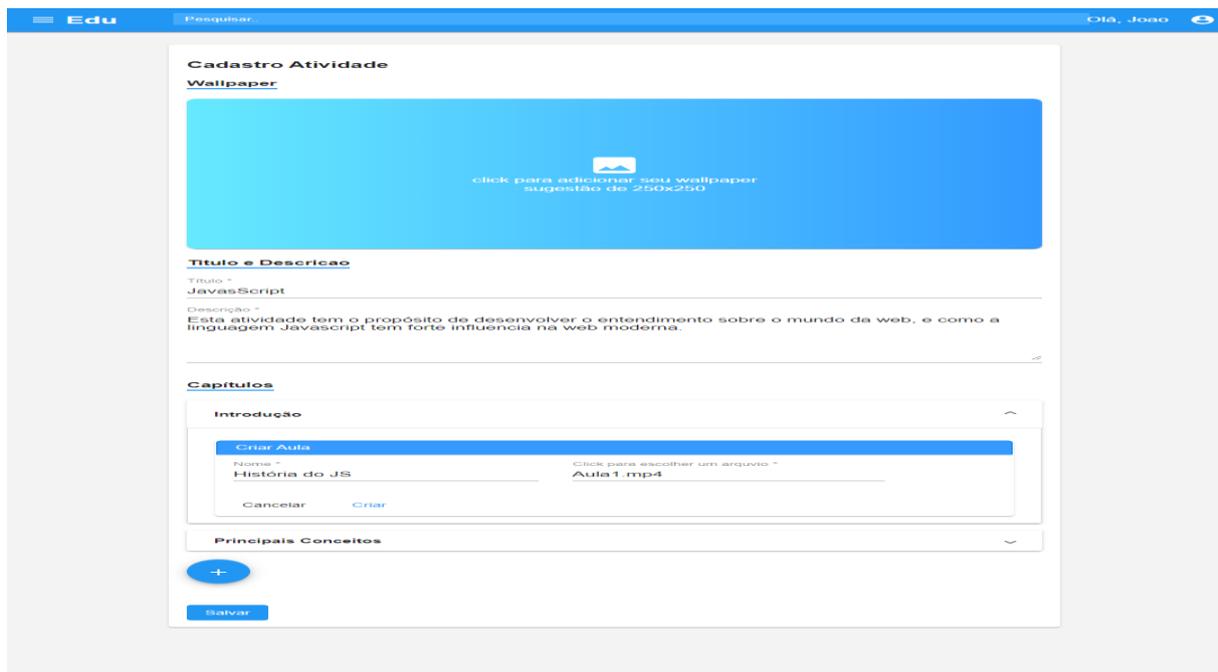
Ao ter sua solicitação aceita, o usuário já pode criar sua própria atividade dentro do protótipo. Navegando novamente até a tela “Minhas Atividades” e clicando no botão: “criar atividade”, agora o sistema reconhece que o usuário é um **creator**, então navega até a tela de cadastro de atividade. Na primeira parte desta interface o usuário pode clicar para selecionar no seu computador um wallpaper que represente algo relacionado com a atividade. Em seguida deve ser adicionado um título e uma descrição do conteúdo.

Na parte inferior se encontra o cadastro dos capítulos e das atividades que estão presentes em cada um. Para criar um capítulo basta clicar no botão azul de adicionar, na parte inferior, então o protótipo exibirá uma tela para que o usuário digite um nome para o capítulo.

Ao salvar o capítulo, o sistema cria um card que pode ser expandido assim como o capítulo “Introdução” que está sendo exibido na figura 8. Ao expandir o card

de cada capítulo, o protótipo exibirá mais um ícone de criar. Neste contexto, trata-se da criação das aulas que ficam dentro dos capítulos. Ao clicar em criar, o sistema exibirá um cadastro de aula, em que é necessário informar o nome da aula e escolher um arquivo de vídeo clicando no campo “Click para escolher um arquivo” como mostra a tela “Criar Aula” na figura 8.

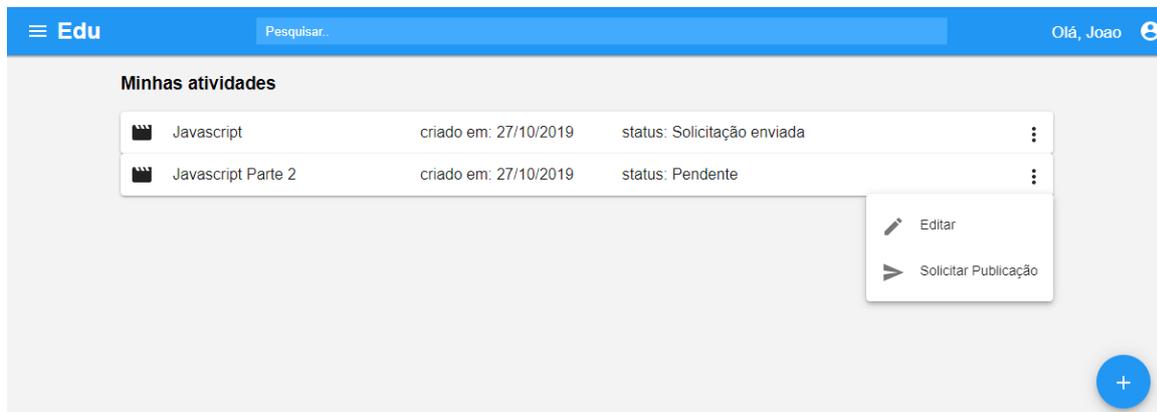
**Figura 8-** Tela cadastro atividade, desktop.



Fonte: Autores (2019).

Após salvar a atividade, esta fica disponível na lista de “minhas atividades” do usuário, mas ela ainda não está disponível para todo o público, pois ainda não passou pela análise do admin. Ao retornar para a tela de “minhas atividades”, o usuário ainda pode editar a atividade caso ela não tenha sido publicada, e também pode solicitar a publicação. Esta ação criará uma solicitação que ficará na lista de pendências do admin. A figura 9 exhibe as atividades já criadas e as opções do menu, no canto esquerdo, que são de acordo com o status da atividade.

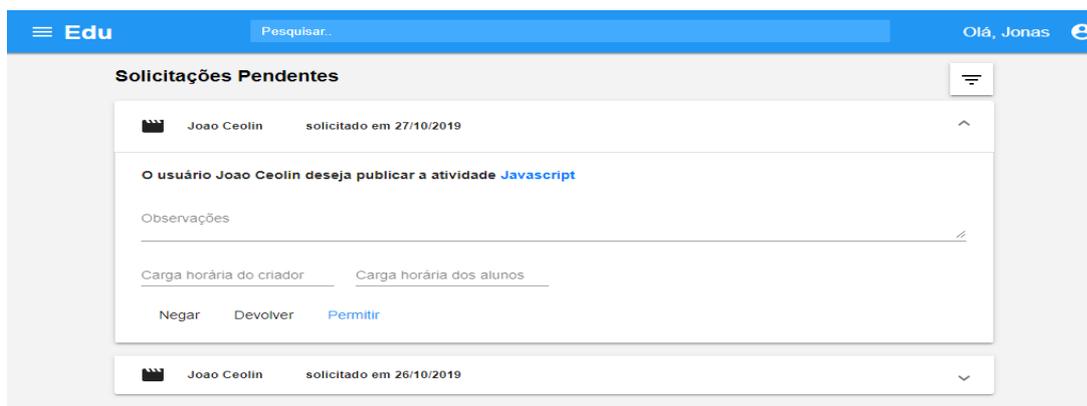
**Figura 9** - Lista de atividades criadas pelo usuário, desktop.



Fonte: Autores (2019).

Ao acessar novamente o protótipo com a conta do admin, são exibidas as solicitações de publicação de atividades conforme a figura 10.

**Figura 10** - Solicitação de publicação de atividade.



Fonte: Autores (2019).

Após expandir o card, o admin consegue visualizar os dados das solicitações de atividades e clicar no nome dela que aparece em azul no final da frase da figura 9. Esta ação leva o admin até a tela de detalhes da atividade como na figura 3.b, para que ele possa avaliar todo o conteúdo. Ainda na tela de solicitações, representada pela figura 10, o admin pode ter 3 ações diferente.

A primeira seria simplesmente negar a publicação da atividade, por motivos como: desrespeito, fora das diretrizes da instituição, conteúdo impróprio, dentre outros. A segunda seria escrever observações na atividade, pontos para que o criador

corrija e solicite a análise novamente, então o botão “devolver” enviará a atividade para o usuário criador em conjunto com as observações feitas. E a última, permitir a publicação da atividade definindo qual a carga horária o criador receberá, e qual a dos alunos. Este é o último fluxo de avaliação, então a atividade é publicada na plataforma e disponibilizado ao acesso aos usuários.

## Considerações Finais

O desenvolvimento deste protótipo teve como objetivo analisar e entender como esta nova resolução afeta as práticas já existentes e aplicadas nas instituições de ensino, e também desenvolver uma ferramenta capaz de ajudar as instituições, alunos e professores a cumprirem os requisitos, além de disponibilizar um conteúdo para a comunidade.

Durante o desenvolvimento, surgiram dificuldades apenas na implementação de segurança no back-end. Como o protótipo possui 3 níveis diferentes de acesso aos recursos do servidor, foi necessário implementar um conjunto de classes do Spring Security que faz o gerenciamento de acesso de acordo com a autorização que o usuário possui. Além disso, foram encontradas e sugeridas novas funcionalidades para o protótipo, como a existência de um ranking que mostra os criadores mais bem avaliados pelos alunos, a possibilidade de adicionar atividades no formato pdf e também no formato de questionários.

Pode-se afirmar que o protótipo desenvolvido neste artigo alcançou seus objetivos quanto ao desenvolvimento da aplicação, criando uma ferramenta que está de acordo com as diretrizes da nova resolução para auxiliar no cumprimento dos requisitos propostos. Como próximo passo, o protótipo será submetido à análise em uma instituição de ensino superior para que coordenadores e reitores possam avaliá-lo, podendo solicitar melhorias ou sugestões para a real implantação deste protótipo em uma instituição de ensino.

## Referências

AFONSO, Alexandre. **Produtividade no Desenvolvimento de Aplicações Web com Spring Boot**. 3. ed. Uberlândia: Algaworks Softwares, Treinamentos e Serviços Ltda, 2017. 62 p.

BRASIL. Resolução nº 7, de 18 de dezembro de 2018. Estabelece as Diretrizes para a Extensão na Educação Superior Brasileira e regimenta o disposto na Meta 12.7 da Lei nº 13.005/2014, que aprova o Plano Nacional de Educação - PNE 2014-2024 e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília: DF, edição 243, p.49, 19 dez. 2018.

NOGUEIRA, Maria das Dores Pimentel. (Org.), **Avaliação da Extensão Universitária: práticas e discussões da Comissão Permanente de Avaliação da Extensão**. Belo Horizonte: FORPROEX/CPAE; PROEX/UFMG, 2013.

## UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE PISOS CERÂMICOS NA COMPOSIÇÃO DO CONCRETO

**Murilo Mazzuco Tezza<sup>1</sup>; Ruana Damian Cargnin<sup>2</sup>; Tiago Campos Zomer<sup>3</sup>; Ana Sônia Mattos<sup>4</sup>; João Paulo Mendes<sup>5</sup>; Júlio Preve Machado<sup>6</sup>**

<sup>1-6</sup> Unibave. E-mail de contato: juliopreve@hotmail.com

**Resumo:** Devido à crescente urbanização, a demanda por obras vem aumentando, o que gera um crescente número de resíduos na construção civil. Sendo assim, é necessário ter consciência de que esses resíduos podem ser reutilizados, tornando a sustentabilidade cada vez mais presente em nossa sociedade. Estudos apontam que a construção civil é a grande responsável pela volumosa quantidade de entulhos e desperdícios de materiais nas obras, tais como telhas quebradas, pisos, tijolos, entre outros. A literatura nos mostra alguns estudos e discussões em relação à reciclagem desses materiais, porém é indispensável que esses estudos sejam analisados tecnicamente para evitar que não ocorra problemas futuros. Nessa perspectiva esse trabalho teve como objetivo analisar e viabilizar o uso de pisos cerâmicos, resíduos descartados nas obras, para uso na composição do concreto como agregado graúdo, proporcionando assim, ganhos econômicos e sustentáveis além de diminuir estes desperdícios e conseqüentemente o impacto ambiental.

**Palavras-chave:** Concreto. Cerâmica. Sustentabilidade. Reutilização.

### Introdução

A utilização do concreto com diferentes componentes na mistura é alvo de estudos por todo o mundo. Com a intenção de diminuir desperdícios de matéria prima e utilizar costumes sustentáveis, pesquisadores buscam o uso de outros materiais para poder substituir ou complementar a composição do concreto com o mínimo de perdas de resistência ou propriedades possíveis.

A cerâmica, por ser frágil, é um material que gera grandes desperdícios no canteiro de obras e que geralmente não pode ser reutilizado dependendo do dano causado. Dentre elas, podem se destacar telhas, pisos, tijolos, dentre outros, que quando postos ao movimentado fluxo de trabalho nas construções, são quebradas por má utilização ou até em seu transporte.

Nos dias atuais muito se fala sobre sustentabilidade, justamente por conta da situação em que nosso planeta se encontra, onde é bastante comum ver nos

noticiários e jornais manchetes acerca dos problemas relacionados ao meio ambiente. Em todos os setores da nossa sociedade há uma comoção para reverter tais problemas, sendo assim, a construção civil também se encontra neste dilema. Nesse contexto, para minimizar os impactos negativos causados por este setor, deve-se adotar técnicas de construção mais sustentáveis.

A mistura do concreto, por oferecer uma ampla liberdade na diversidade de componentes, traz consigo a oportunidade do reuso dos resíduos cerâmicos do canteiro de obras em sua composição, atuando, dessa forma, com a função de agregado graúdo e agindo diretamente na resistência característica à compressão do concreto.

Para a comprovação do elemento em estudo, será realizado ensaios com corpos de prova utilizando o concreto convencional e outras porcentagens diferentes com o material cerâmico descartado no ambiente de obras, como telhas, pisos cerâmicos, entre outros. Com os testes realizados, será analisado o valor de  $f_{ck}$  (resistência característica do concreto à compressão) de cada corpo de prova para que assim, sejam levantados os dados, viabilizando o uso do novo concreto em diferentes situações.

Portanto, o presente trabalho tem por objetivo, avaliar o uso destes resíduos cerâmicos rejeitados quando adicionados à composição do concreto. Analisando dessa forma, possíveis situações em que a mistura poderia ser aplicada em relação à resistência obtida, além de verificar demais propriedades pertinentes do resultado desta composição.

## **Cerâmicas**

No Brasil são encontradas em torno de 5.500 empresas no setor cerâmico, que consomem, em média, 10.300.000 toneladas de argila por mês, colocando o Brasil, de acordo com a Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, na segunda colocação mundial de maior produtor e consumidor de cerâmica do mundo, perdendo apenas para a China (STROHER *et al.*, 2017).

Na criação da cerâmica, 3% da quantidade total fabricada tem seu destino para entulho. Sendo assim, seria cerca de 11 mil peças descartadas por mês por indústria (STROHER *et al.*, 2017).

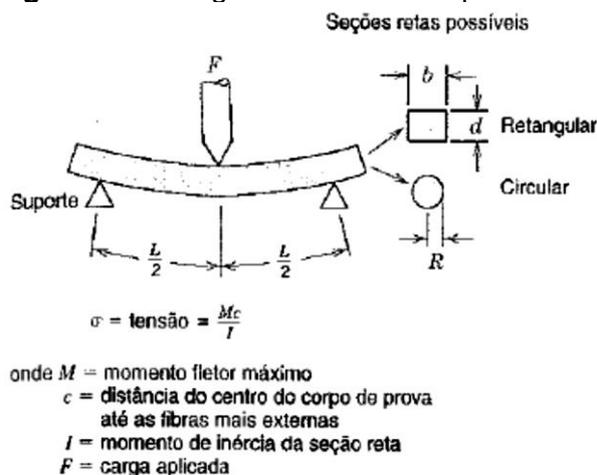
Com o aumento da produção de concreto, os agregados naturais estão tornando-se cada vez mais caros. Nesse sentido, estudos têm sido feitos para substituir os agregados naturais por resíduos de piso cerâmico de locais de construção e demolição (CABRAL *et al.*, 2009).

### **Comportamento mecânico da cerâmica**

Por conta da extrema fragilidade do material e de outras propriedades, as cerâmicas possuem usos relativamente limitados em comparação aos metais, por exemplo. Uma de suas inferioridades é a ordenação frágil de fraturas catastróficas, na qual o consumo de energia da estrutura é muito pequeno (CALLISTER JUNIOR; RETHWISCH, 2014).

Para a avaliação de resistência e obtenção de seu comportamento tensão-deformação, as cerâmicas devem ser utilizadas em testes de flexão transversal por conta da dificuldade de preparo de corpos de prova e fixação dos testes por tração, como ocorre nos metais (Figura 1). Pode-se afirmar que seus limites de resistência à compressão é aproximadamente dez vezes maior que os limites à tração (CALLISTER JUNIOR; RETHWISCH, 2014).

**Figura 1** - Carregamento de flexão para testes de deformação na cerâmica.



Fonte: Callister Junior e Rethwisch (2014).

Dependendo do tamanho dos corpos de prova realizados, sendo maior suas dimensões, há um aumento de chances de surgir defeitos capazes de originar trincas e por consequência, uma queda na sua resistência á flexão.

### **Fratura**

Quanto à fratura, as cerâmicas não sofrem deformação plástica aparente em seu rompimento, por conta das suas propriedades, resultando assim, por denominação, em uma fratura frágil.

Para o material chegar ao colapso, este deve receber valores consideráveis de tensões concentradas, que surgem devido a trincas internas e superficiais, poros e outras adversidades, geralmente complexas de serem eliminadas. As trincas, por exemplo, se propagam até atingir uma determinada velocidade crítica, na qual se ramificam em várias partes e direções pelo material, possibilitando ainda, a obtenção de dados importantes de sua origem e causa do defeito que a resultou (CALLISTER JUNIOR; RETHWISCH, 2014).

### **Concreto**

O concreto é um material composto, constituído por cimento, água, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (pedra ou brita) e ar. Pode também conter adições (cinza volante, pozolanas, sílica ativa etc.) e aditivos químicos com a finalidade de melhorar ou modificar suas propriedades básicas (COUTO; CARMINATTI; NUNES, 2013, p. 3).

Nas estruturas de concreto, a baixa resistência à tração é reforçada pela existência de armaduras de aço, adequadamente dispostas ao longo das peças estruturais. Desse modo, obtém-se o chamado concreto estrutural (FUSCO, 2008).

Denomina-se concreto armado, aquele em que as armaduras são montadas com aço das mais variadas espessuras amarradas entre si, para formar a geometria da peça que deseja ser concretada, sempre respeitando as medidas informadas pelo projeto estrutura, l feito por um engenheiro responsável (FUSCO, 2008).

## Sustentabilidade na construção civil

De acordo com Octaviano (2010), o conceito de sustentabilidade tem invadido diversas áreas de conhecimento e setores de economia. Em relação à construção civil, pretende-se reutilizar materiais que geram um menor impacto possível ao meio ambiente e que não gere uma quantidade excessiva de entulho.

O relatório da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 2007) mostra que, naquele país, a construção e demolição de edifícios geram uma quantidade aproximada de 160 milhões de toneladas/ano de entulho, estimando que a indústria da construção civil seja responsável por cerca de dois terços do total de resíduos sólidos não industriais produzidos (BAPTISTA JUNIOR; ROMANEL, 2013, p. 3).

Já no Brasil, a ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais) realizou uma comparação entre os anos de 2016 e 2017, em relação à quantidade de resíduos sólidos constatou que está e permaneceu estagnada com 59,1% do volume coletado desses resíduos encaminhado para aterros sanitários.

Porém, a destinação irregular aumentou 1%, com mais de 29 milhões de toneladas depositadas em lixões e aterros controlados no ano. Em 2017, as cidades brasileiras coletaram por dia 123.421 toneladas de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) e 256.941 mil toneladas de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) no ano (ABES, 2018).

Na produção civil a fabricação de cerâmicas vermelhas gera resíduos após sua queima que, geralmente, não tem um local adequado para ser descartada. Diagnóstico conhecido desses resíduos demonstra que a quantidade formada é bastante significativa e tem capacidade para ser reciclada, contudo essa possibilidade deve ser estudada antes de sua aplicação (FONSECA, 2006).

Todavia, a reciclagem, apesar de ser uma ótima opção, pode apresentar alguns impactos ao meio ambiente. Conforme o tipo de resíduo, a tecnologia empregada e o modo que será aproveitado o material reciclado pode fazer com que o processo de reciclagem torne o resíduo mais agressivo ao meio ambiente do que era antes de ser

reciclado. Sendo assim, esse processo deve sempre ser estudado antes de ser iniciado (ÂNGULO; ZORDAN; JONH, 2001).

### **Procedimentos Metodológicos**

Inicialmente, foi coletado em torno de 10 kg de material cerâmico descartado em uma obra localizada em Orleans – Santa Catarina. Para o presente estudo foi selecionado apenas piso cerâmico.

#### ***Quebra do material***

A cerâmica foi fragmentada em pequenas partículas com o auxílio de uma marreta, para que ficasse em um tamanho apropriado ao ensaio granulométrico, demonstrado na Figura 2.

**Figura 2** - Cerâmica após ser triturada.



Fonte: Autores (2019).

#### ***Ensaio Granulométrico***

Após a fragmentação, a cerâmica foi colocada em uma peneira granulométrica, com malha de 250mm, na qual o agregado graúdo passante foi utilizado na fabricação do concreto.

### **Traço**

O traço adotado para o concreto convencional foi de 1:2,5:2,5, que é um dos mais utilizados na construção civil e equivale a uma resistência do concreto estrutural de 30 MPa.

Foi ajustado o traço 1:2,5:2,5 para substituir o agregado graúdo por cerâmica em 10%, 20% e 30%, na qual foram obtidas diferentes quantidades de material para cada porcentagem, como demonstrado no quadro 1.

**Quadro 1** - Quantidade de material para cada traço obtido.

| SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO (%) | Quantidade de material utilizado |           |           |              |          |
|-------------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------|--------------|----------|
|                                     | Cimento (g)                      | Areia (g) | Brita (g) | Cerâmica (g) | Água (L) |
| 0                                   | 1800                             | 5668      | 5387      | 0            | 1,75     |
| 10                                  | 1800                             | 6429      | 5499      | 611          | 1,75     |
| 20                                  | 1800                             | 6429      | 4888      | 1220         | 1,75     |
| 30                                  | 1800                             | 6429      | 4277,7    | 1833         | 1,75     |

Fonte: Autores (2019).

### **Produção do concreto**

Já com a betoneira ligada e os materiais já pesados e separados, mostrados na Figura 3, foi executada a mistura para a produção do concreto. Inicialmente adicionou-se o agregado graúdo (brita e cerâmica) juntamente com 80% da quantidade de água estabelecida. Posteriormente, foram adicionados o cimento, o agregado miúdo (areia) e o restante da água.

**Figura 3** - Materiais pesados e separados para confecção do concreto.



Fonte: Autores (2019).

### **Slump Test**

Esse teste foi executado como descreve a Norma ABNT (NBR NM 67/1998), utilizando o cone oco, a placa de base e a haste de compactação. Foi colocado o concreto em um terço da altura do cone e assentado com 25 golpes, conforme a Figura 4. Esse processo foi repetido por duas vezes, posteriormente foi retirado o cone e colocado de ponta cabeça ao lado para fazer a medição da diferença de tamanho.

**Figura 4** - Slump Test sendo realizado



Fonte: Autores (2019).

### **Corpos de prova**

Antes de encher os corpos de prova com o concreto, a norma ABNT (NBR 5738/2015) relata que se faz necessário untá-los com uma camada fina de óleo mineral para facilitar a retirada, posteriormente ao tempo de cura.

Após os corpos de prova estarem preparados, colocou-se uma camada de concreto e foi assentado com 12 golpes utilizando a mesma haste do Slump Test, repetindo o processo mais uma vez e por fim, é arrastada a superfície da amostra. Feito isso, é deixado o corpo de prova secar por 24 horas.

### **Cura do concreto**

Após as 24 horas de secagem, os corpos de prova são levados ao tanque de cura com água, sendo expostos a uma umidade de aproximadamente 95% por um período de 28 dias. As amostras foram retiradas da água um dia antes do ensaio, como ilustrado na Figura 5.

**Figura 5** - Corpos de prova após retirados da água.



Fonte: Autores (2019)

### **Ensaio de resistência à compressão**

Após o tempo de cura dos corpos de prova realizou-se o ensaio de resistência à compressão com a prensa hidráulica (Figura 6).

**Figura 6** - Corpo de prova posicionado na prensa hidráulica.



Fonte: Autores (2019).

### **Resultados e Discussão**

Após o rompimento dos corpos de prova, por meio do equipamento utilizado, pôde-se verificar os valores de resistência característica à compressão do concreto ( $f_{ck}$ ), de acordo com suas respectivas porcentagens de agregado cerâmico utilizado no traço. Os resultados são apresentados no quadro 2.

**Quadro 1 - Resultados de resistência (fck).**

| <b>Corpo de prova</b> | <b>% de agregado cerâmico</b> | <b>Resistência a compressão (Mpa)</b> |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1                     | 0%                            | 7,66                                  |
| 2                     | 0%                            | 8,14                                  |
| 3                     | 0%                            | 8,07                                  |
| 4                     | 10%                           | 8,58                                  |
| 5                     | 10%                           | 6,84                                  |
| 6                     | 10%                           | 7,97                                  |
| 7                     | 20%                           | 6,3                                   |
| 8                     | 20%                           | 6,56                                  |
| 9                     | 20%                           | 7,4                                   |
| 10                    | 30%                           | 8,51                                  |
| 11                    | 30%                           | 7,12                                  |
| 12                    | 30%                           | 7,86                                  |

Fonte: Autores (2019).

Para uma maior precisão, em função de possíveis desvios de padrão durante a execução, foram executados três corpos de prova para cada porcentagem. Portanto, realizando-se a média dos valores de resistência de cada grupo de três moldes com a mesma porcentagem, obteve-se os valores apresentados no quadro 3.

**Quadro 2** - Resultados de resistência média (fck).

| Corpos de prova | % de agregado cerâmico | Resistência a compressão média (Mpa) |
|-----------------|------------------------|--------------------------------------|
| 1; 2; 3.        | 0%                     | 7,96                                 |
| 4; 5; 6.        | 10%                    | 7,8                                  |
| 7; 8; 9.        | 20%                    | 6,75                                 |
| 10; 11; 12.     | 30%                    | 7,83                                 |

Fonte: Autores (2019).

Com estes resultados, pode-se observar uma pequena queda de resistência à compressão em comparação aos corpos de prova sem o uso dos agregados cerâmicos. Destaca-se desta forma, portanto, que o agregado cerâmico não contribui para ganho de resistência do concreto, mas pelo contrário. Este fato pode ser explicado pela característica de fragilidade dos materiais cerâmicos e de sua resistência menor que os agregados naturais.

Outro ponto importante a considerar, é a propriedade da absorção de água da cerâmica. Por ser um material com maior porosidade, ela absorve maior quantidade de água durante a execução da mistura e em seu tempo de cura, o que resulta em uma perda rápida de umidade da pasta de cimento para o agregado, causando a fraqueza do material.

Observou-se também, que os resultados obtidos até mesmo sem os agregados cerâmicos, foram consideravelmente inferiores em comparação aos concretos convencionais utilizados nas obras (25 MPa à 40 MPa). Isto deve-se, além dos pontos relatados anteriormente, à ausência de aditivos durante a execução do traço, como retardantes, por exemplo.

### **Considerações Finais**

De acordo com os resultados obtidos durante os testes de resistência, observa-se que o concreto com a adição de resíduos cerâmicos em sua composição, levou a

uma considerável perda de resistência a compressão, visto que a aplicabilidade da cerâmica é restrita em funções estruturais, por apresentar elevada fragilidade e alta porosidade, o que resultou em quedas aceleradas de umidade do concreto.

A opção por realizar testes em composições naturais também acarretou a queda de resistência, uma vez que em nenhum momento da execução dos corpos de prova foram utilizados aditivos para retardar o tempo de cura ou ampliar as qualidades do concreto.

Como intervenção para a obtenção de melhores resultados, abre-se a opção de utilizar outros agregados naturais em conjunto com os cerâmicos. Desta forma, minimizando, parcialmente, o uso inteiro do agregado natural, pode-se reutilizar os resíduos cerâmicos em sua composição, coexistindo os dois materiais, contribuindo assim, para a redução do desperdício dos rejeitos cerâmicos nas obras.

Como a ausência de aditivos contribuiu para a redução de resistência da composição, a adição destes é uma provável solução para a perda de umidade, além de melhorar outras propriedades como a durabilidade e conseqüentemente, gerar ganhos de resistência à compressão (fck).

Visto que os resultados de resistência à compressão obtidos foram consideravelmente baixos para uso em elementos estruturais como vigas e pilares, o concreto realizado com o uso de cerâmica como agregado graúdo tem sua utilidade para redução de custos quando relevado seu uso em ambientes como pequenos pavimentos, drenagens, enchimentos de lajes, regularização de pisos, divisórias e outros elementos que não tenham a necessidade da aplicação de elevadas cargas, que requerem valores maiores de resistência à compressão.

## Referências

ÂNGULO, Sérgio Cirelli; ZORDAN, Sérgio Edurado; JONH, Vanderley Moacyr. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil**. 2001. 13 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Departamento Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica, PCC, São Paulo, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES. **Lançamento do Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil**. Minas Gerais: ABES. Disponível em: <http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-de-clipping/ler/9557/lancamento-do-panorama-dos-residuos-solidos-no-brasil-2017>. Acesso em: 05 maio 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5738:** Concreto — procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 67:** Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

BAPTISTA JUNIOR, Joel Vieira; ROMANEL, Celso. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. **Urbe**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 2, p.27-37, dez. 2013.

CABRAL, A. E. B. *et al.* Desempenho de concretos com agregados reciclados de cerâmica vermelha. **Cerâmica**, São Paulo , v. 55, n. 336, p. 448-460, dez. 2009 . disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0366-69132009000400016&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132009000400016&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 17 fev.2021. <https://doi.org/10.1590/S0366-69132009000400016>.

CALLISTER JUNIOR, William D.; RETHWISCH, David G. **Fundamentos da ciência e engenharia de materiais**. 4. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2014. 912 p.

COUTO, José Antônio Santos; CARMINATTI, Rafael Lima; NUNES, Rogério Reginato Alves. **O concreto como material de construção**. 2013. 9 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Tiradentes, Sergipe, 2013.

FONSECA, Adriana Pinheiro. **Estudo comparativo de concretos com agregado graúdo reciclado de telha cerâmica e agregado graúdo natural**. 2006. 223 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

FUSCO, Pérciles Brasiliense. **Tecnologia do concreto estrutural: Tópicos Aplicados**. São Paulo: Pini Ltda, 2008. 272 p.

OCTAVIANO, Carolina. Sustentabilidade na construção civil: benefícios ambientais e econômicos. **ComCiência**, Campinas, n. 122, out. 2010 . Disponível em: [http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-76542010000800004&lng=pt&nrm=iso](http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542010000800004&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 17 fev. 2020.

STROHER, A. P. *et al.* **Utilização da cerâmica de entulho na substituição de agregado graúdo do concreto**. 2017. 13 f. Monografia (Especialização em Engenharia Química). Centro Universitário Cesumar, Maringá, 2017.