DESAFIOS E OPORTUNIDADES NO ASSENTAMENTO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS: PERSPECTIVAS TÉCNICAS E AMBIENTAIS NO BRASIL

Challenges and opportunities in ceramic tile installation: technical and environmental perspectives in Brazil

Thiago Vieira Silveira
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) | Juiz de Fora, Minas Gerais | thiagovsilveira.eng@gmail.com

Helena Cruz Souza
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) | Juiz de Fora, Minas Gerais | helenacruzsouza@gmail.com

Eduardo Fonseca Ribeiro
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) | Juiz de Fora, Minas Gerais | eduardofonsecarib@gmail.com

Julia de Castro Mendes
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) | Juiz de Fora, Minas Gerais | juliacastro.mendes@ufjf.br

Resumo

A ineficiência operacional no assentamento de revestimentos cerâmicos e os impactos ambientais de sua produção são desafios relevantes no setor da construção. Este artigo aborda os aspectos técnicos e ambientais do uso desse sistema no Brasil, com foco em cozinhas e banheiros. Primeiramente, investigou-se o valor sociocultural do material, destacando sua aceitação devido às características estéticas e emocionais. Também foram identificados, por meio de um Mapeamento de Fluxo de Valor e do Diagrama de Ishikawa, os principais gargalos e riscos no assentamento, como a baixa qualificação da mão de obra, o tempo elevado para cortes (34% do total) e problemas ergonômicos, que afetam a produtividade e durabilidade. Segundo uma revisão bibliográfica, do ponto de vista ambiental, a produção de cerâmica gera 8,36 kg de CO_2-eq/m². Assim, esse estudo aponta a necessidade de aprimorar o sistema cerâmico, promover a qualificação profissional, além de buscar novas alternativas que incentivem a sustentabilidade e competitividade no mercado.

Palavras-chave: Revestimento cerâmico; Impactos ambientais; Mapeamento de Fluxo de Valor; Análise de Ciclo de Vida; Diagrama de Ishikawa.

ABSTRACT

Operational inefficiency in ceramic tile installation and the environmental impact of its production are significant challenges in the construction sector. This article explores the technical and environmental aspects of ceramic tile use in Brazil, with a focus on kitchens and bathrooms. First, the sociocultural significance of the material was examined, highlighting its widespread acceptance due to aesthetic and emotional appeal. Additionally, using Value Stream Mapping and the Ishikawa Diagram, the study identified key bottlenecks and risks in the installation process, such as low workforce qualification, excessive cutting time (34% of the total), and ergonomic issues that affect productivity and durability. A literature review indicates that, from an environmental perspective, ceramic production generates 8.36 kg of CO_2-eq/m². These findings highlight the need to improve ceramic tile installation methods, invest in workforce training, and explore sustainable alternatives to enhance market competitiveness.

Keywords: Ceramic tile; Environmental impacts; Value Stream Mapping; Life Cycle Assessment; Ishikawa Diagram.

1 INTRODUÇÃO

O uso da cerâmica como revestimento no Brasil teve início com a chegada dos portugueses, que incorporaram influências artísticas de culturas muçulmana, assíria, persa e chinesa às suas próprias tradições Anfacer (2023). Ainda segundo a Anfacer, essa fusão de estilos resultou em um material estético e funcional, que, a partir do século XVI, ganhou espaço nas construções de maior prestígio, como igrejas e palácios. De acordo com Wanderley (2006), a produção cerâmica no país cresceu e se industrializou após a Segunda Guerra, permitindo que o material, antes restrito à elite, se tornasse mais acessível à população.

Dessa maneira, o revestimento cerâmico tornou-se amplamente integrado à cultura brasileira, sendo utilizado em todos os ambientes domésticos ou, ao menos, nas áreas molhadas e molháveis. Sua popularidade é influenciada por diversos fatores, entre os quais se destacam a durabilidade, aspectos decorativos, clima tropical do país (Boschi, 2008) e boa resistência frente à tradição nacional de limpeza, marcada pelo uso abundante de água e produtos químicos (Martins, 2022). Essas características fazem do revestimento cerâmico uma solução versátil e indispensável para a maioria dos lares brasileiros.

Embora amplamente utilizado, o revestimento cerâmico ainda enfrenta desafios significativos tanto em sua fabricação quanto em sua instalação. De acordo com o trabalho feito por Ye et al. (2018) na China, o consumo de energia, o uso de esmaltes e o emprego de produtos químicos inorgânicos como matérias-primas foram os principais pontos críticos de impacto ambiental na fabricação das cerâmicas. O transporte das matérias-primas até as fábricas é outro fator importante relacionado aos impactos ambientais (Settembre Blundo, *et al.*, 2019).

A execução desse sistema ainda é caracterizada por processos artesanais e complexos, distribuídas em várias etapas e demandando muitos e variados insumos, o que resulta em baixa produtividade, alto consumo de recursos e significativa geração de resíduos (Fulford, Standing, 2014). Além disso, Avelino *et al.* (2018) destacam a presença de erros que requerem retrabalho, pausas para replanejamento, mão de obra pouco qualificada e excesso de cortes nas peças. Nesse contexto, intensificam o desperdício de materiais e contribuem para o aumento de resíduos do tipo construção e demolição (RCD) no país, que, segundo Silva *et al.* (2019), são formados, em média, por 29,2% de argamassa e 12,7% de materiais cerâmicos.

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo analisar os desafios associados ao sistema de revestimento cerâmico, abrangendo principalmente os aspectos relacionados à sua execução no canteiro de obras e seus principais impactos ambientais. Para isso, são investigadas as etapas de aplicação, as possíveis causas de falhas e desperdícios, os fatores operacionais que comprometem a eficiência do sistema e as cargas ambientais ao longo de seu ciclo de vida. A partir desse diagnóstico, será possível, em trabalhos futuros, propor soluções para os pontos críticos do método tradicional, além de destacar melhorias alinhadas aos princípios da economia circular.

2 METODOLOGIA

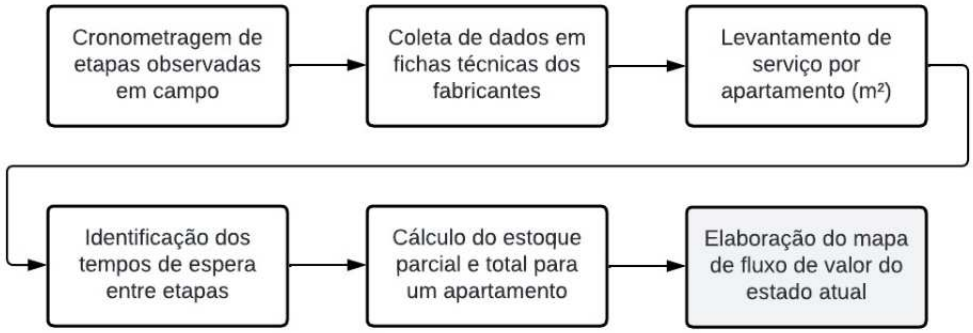
Este trabalho integra o Mestrado Acadêmico para Inovação (MAI) do CNPq, promovendo uma colaboração mútua entre as empresas brasileiras e o meio acadêmico. Nesse contexto, foi estabelecida uma parceria com uma construtora de abrangência nacional, com o objetivo de identificar os principais gargalos no assentamento do revestimento cerâmico em pisos de banheiros e cozinhas em uma obra, além de avaliar as cargas ambientais envolvidas durante o ciclo de vida do produto e aspectos culturais conforme estudos de realizados em ambas as temáticas.

A pesquisa sobre os fluxos de entrada e saída foram realizadas por meio do mapeamento de fluxo de valor (MFV), no qual a equipe seguiu as etapas apresentadas na Figura 1. Os resultados dessa análise foram o tempo necessário de cada etapa para revestir uma unidade habitacional inteira. Além disso, foram consultadas recomendações normativas referente as instalações dos revestimentos para definir os tempos recomendados de espera entre etapas.

A quantificação dos insumos para a instalação dos revestimentos foi realizada por meio da cronometragem das etapas de execução em um empreendimento do programa Minha Casa Minha Vida. Durante a visita técnica, os autores acompanharam os processos de preparo da argamassa, assentamento, nivelamento das peças e aplicação do rejunte, excluindo a instalação de rodapés. Para cada unidade analisada, registraram-se pelo menos duas sequências de instalação, diferenciando entre peças inteiras e cortadas devido às

variações no tempo de execução. Posteriormente, foram coletados dados dos fabricantes sobre o consumo de argamassa, cerâmica e rejunte por metro quadrado. A estimativa do tempo necessário para o revestimento de um apartamento foi feita com base na metragem total dos pisos de cozinhas e banheiros, considerando o projeto de paginação fornecido pela empresa. Além disso, foram identificados os tempos de cura entre as etapas, conforme as recomendações da empresa parceira e as especificações dos materiais utilizados.

Figura 1: Etapas para elaboração do MFV do estado atual.



Fonte: Autores (2024)

Com a finalidade de identificar as possíveis causas raízes dos principais problemas desse sistema foi feito um Diagrama de Ishikawa sendo dividido nas seguintes categorias: método, mão de obra, máquina, material, medição e meio ambiente. O levantamento dos dados que compõem foi realizado por meio de brainstorming com as partes envolvidas no trabalho por meio de vídeos registrados durante as visitas técnicas.

A avaliação dos impactos ambientais foi realizada por meio de revisões bibliográficas exploratórias, utilizando palavras-chave em português e inglês, como: "Avaliação do ciclo de vida", "revestimento cerâmico", "desenvolvimento sustentável" e "impacto ambiental".

3 RESULTADOS

3.1 ASPECTOS TÉCNICOS DO REVESTIMENTO CERÂMICO

O sistema cerâmico é composto por várias etapas, cada uma demandando materiais e habilidades técnicas específicas como pode ser visto na figura 2. Entre as etapas ocorrem períodos ociosos que não agregam valor ao produto. Esses períodos incluem: os intervalos de cura e espera, conforme estipulados pela NBR 13754 (ABNT,1996); os intervalos logísticos, relacionados à falta de sincronização no fornecimento de materiais ou à necessidade de movimentação de peças para locais adequados no canteiro; e o tempo de ajuste ou reposição, necessário para corrigir desalinhamentos, cortar peças ou substituir materiais devido a falhas no processo inicial.

3.2 MFV

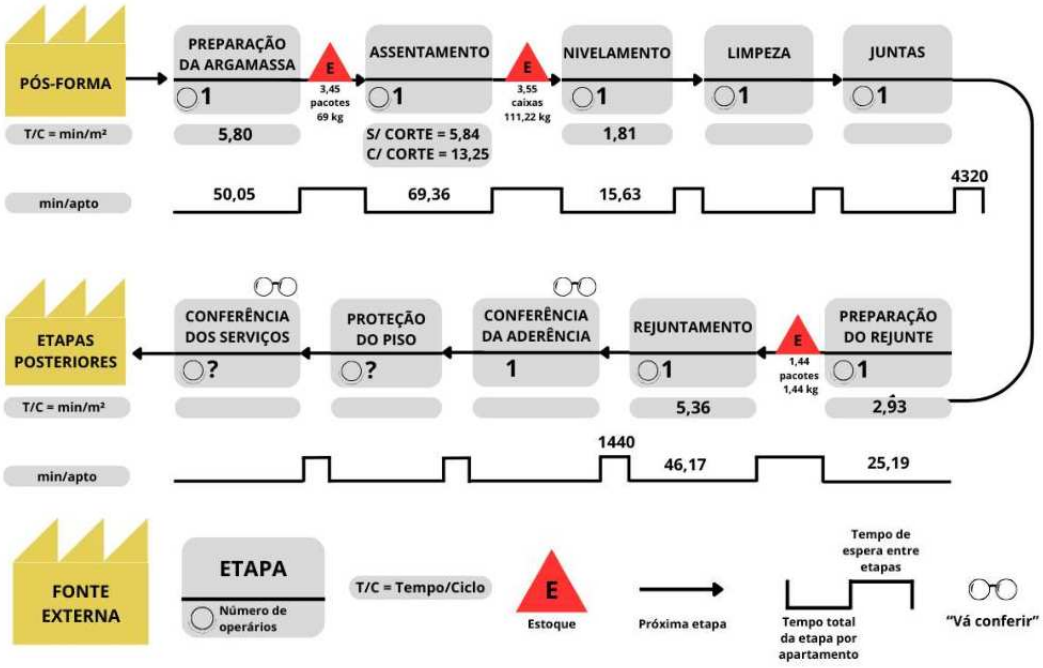
O MFV na Figura 2 mostra que os principais gargalos do sistema cerâmico são o tempo de execução das atividades de assentamento e a preparação do rejunte e rejuntamento. Destaca-se o elevado tempo necessário para realizar os cortes das peças, com uma diferença de 7,31 min/m² entre placas assentadas sem corte e com corte. Em uma análise geral, o tempo total dedicado aos cortes representa 34% do processo de aplicação dos pisos. Além disso, a preparação e a aplicação do rejunte são as etapas que mais demandam tempo, com 71,36 min/apto, devido à própria natureza delicada da atividade, a ergonomia do trabalhador e à necessidade de limpeza antes e depois. Em média, foram necessários os 33,35 min para a execução da cerâmica no piso dos banheiros de 1,15 m², e 41,07 min para a cozinha de 1,41 m².

3.3 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

O Diagrama de Ishikawa foi feito para mostrar todos os possíveis riscos associados à aplicação não-conforme do sistema. A Figura 3 revela que a categoria “método” concentra a maior parte dos riscos, devido à numerosidade e complexidade das etapas e dos recursos envolvidos no serviço. Além disso, a baixa qualificação profissional, aliada à diversidade de ferramentas necessárias e ao alto potencial para problemas ergonômicos, compromete a qualidade da aplicação, impactando diretamente as categorias “mão de obra” e

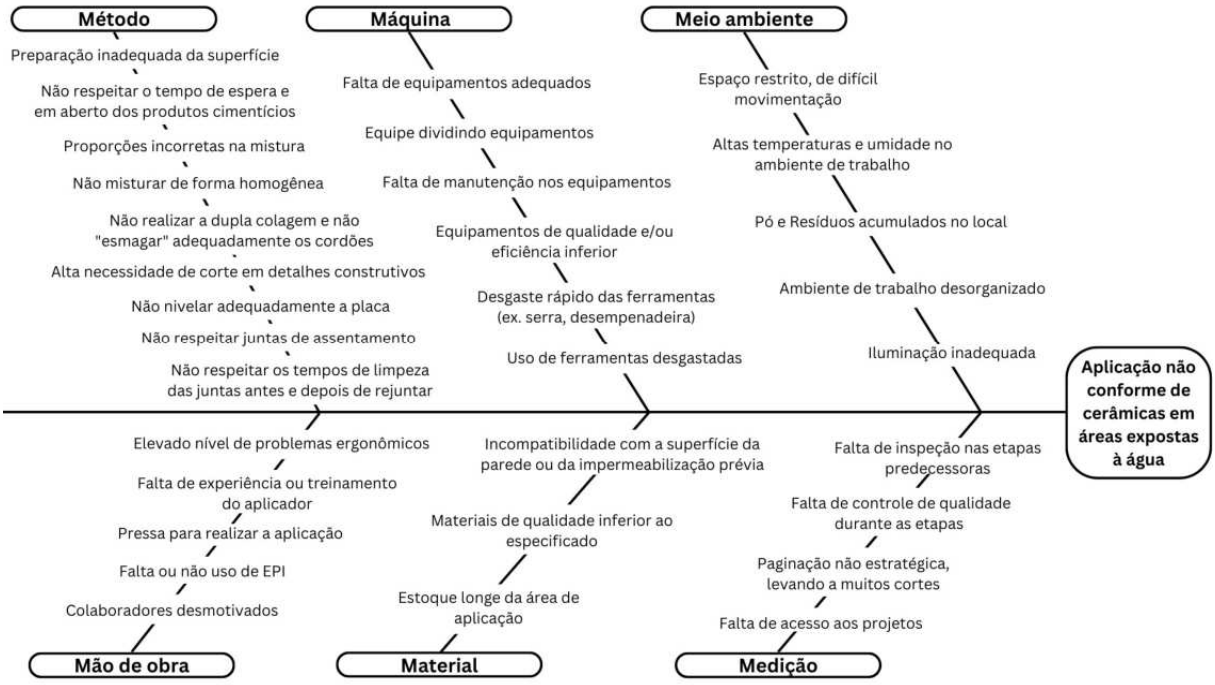
"máquinas". Também se destacam os riscos associados ao planejamento da atividade, refletidos em falhas no controle de qualidade tanto nas etapas anteriores quanto durante o assentamento cerâmico, conforme evidenciado na categoria "medição". Por fim, os riscos relacionados à categoria "materiais" merecem atenção, especialmente quanto à aquisição de suprimentos com qualidade inferior à recomendada e incompatíveis com os sistemas construtivos adotados. Em resumo, esse diagrama mostra que, em um sistema complexo como o do revestimento cerâmico, muitas atividades podem dar errado, implicando em retrabalho, desperdício e geração de resíduos no canteiro.

Figura 2: MFV do processo de revestimento de pisos na cozinha e no banheiro.



Fonte: Autores (2024)

Figura 3: MFV do processo de revestimento de pisos na cozinha e no banheiro.



Fonte: Autores (2024)

3.4 IMPACTOS AMBIENTAIS

A geração excessiva de resíduos durante a instalação está principalmente associada ao projeto de paginação, que exige mais cortes, prolonga o tempo de execução e aumenta os custos da obra (SOUZA et al., 2024). Isso decorre do aproveitamento inadequado das peças, sem que os cortes sejam realizados de forma a otimizar o uso do material. Além disso, o elevado consumo de argamassa também é influenciado pelas práticas individuais dos profissionais e por falhas no serviço, com destaque para o rejuntamento, frequentemente realizado em condições ergonômicas desfavoráveis e sem o uso de equipamentos adequados, o que acarreta correções futuras.

No Brasil, 70,5% da produção de cerâmica é por via seca e 29,5% por via úmida (Contartesi, Melchiades e Boschi, 2019). Essas técnicas afetam o consumo de recursos materiais, energéticos e naturais, especialmente a água na via úmida com diferença de 18,76 L entre esses processos para produção de 1 m² revestimento cerâmico. A Anfacer (2015) evidencia essa diferença ambiental no quadro 1.

Quadro 1: Impactos ambientais dos processos de fabricação de 1 m² revestimento cerâmico por via seca e via úmida.

Categoria	Unidade	Via Seca	Via Úmida
Consumo e combustão por gás natural	CO_2-eq	69%	87%
Consumo de energia elétrica	CO_2-eq	17,4%	6,5%
Consumo de água	l	6,42 litros	25,18
Consumo de Argilas	Kg	18,03	10,81
Impacto nas mudanças climáticas	CO_2-eq	3,37	9,24
Impacto na acidificação terrestre	CO_2-eq	3,98E-3	7,19E-3
Impacto na depleção da camada de ozônio	CO_2-eq	5,82E-8	7,97E-8
Formação de Oxidantes Fotoquímicos	kg NMVOC	3,69E-03	5,19E-03
Depleção de Água	m³	1,31E-01	3,97E-01

Fonte: Anfacer (2015).

Na ACV realizada por Vieira (2022) aproximadamente 82% do impacto ambiental relacionado ao potencial de aquecimento global ocorre desde a extração da matéria-prima até a saída da fábrica. Esse impacto é causado pela queima de combustíveis, como gás natural e carvão, seguida pela preparação da massa utilizada na fabricação do corpo cerâmico (incluindo massa base, esmalte e engobe). Os 18% restantes ocorrem na fase posterior, desde a saída da fábrica até o descarte do produto. Nessa etapa, o transporte dos revestimentos cerâmicos até o cliente representa 76% das emissões, enquanto o consumo de argamassa no assentamento das peças é de 21% devido à presença de subprodutos como cimento e sílica, que influenciam a formação do selante das placas cerâmicas (Vieira, 2022).

4 CONCLUSÃO

O Estudo identificou alguns principais aspectos técnicos e ambientais relacionados ao uso de revestimentos cerâmicos no Brasil, com ênfase nas áreas molhadas e molháveis. Nesse contexto, por meio do diagrama de Ishikawa e MFV, foram apontados os principais pontos de ineficiência operacional, como a qualificação da mão de obra e o elevado tempo necessário para o corte, que representa 34% do tempo total. Além disso, foram identificados problemas de ergonomia no trabalho, falhas nos processos de compras e no controle de qualidade, que afetam diretamente a produtividade e a qualidade do sistema.

Além disso, o estudo evidenciou as cargas ambientais ao longo do ciclo de vida do revestimento. Cada m² produzido gera 8,36 kg de CO_2-eq, sendo 4,95 kg CO_2-eq do berço ao portão e 3,41 kg CO_2-eq do portão ao túmulo. Comparando as duas tecnologias de revestimento disponíveis no Brasil (via úmida e via seca), observou-se uma diferença no impacto ambiental, especialmente em relação ao impacto nas mudanças climáticas, com uma variação de 5,87 kg CO_2-eq por m². Como conclusão, esses resultados mostram que é fundamental aprimorar o sistema de revestimento cerâmico, considerando os aspectos técnicos e econômicos, além de buscar novas alternativas de revestimento que incentivem a inovação e contribuam para o crescimento sustentável do setor.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro das agências de fomento CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Bolsa de Mestrado para Eduardo Fonseca Ribeiro; Bolsa de Pesquisa Júnior para Helena Cruz Souza e para Thiago Vieira Silveira no âmbito do projeto 400077/2023-0);

e a empresa MRV Engenharia e Participações S.A. pelo apoio financeiro e intelectual. Agradecemos também o apoio institucional da UFJF.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13754**: Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

ANFACER. História da cerâmica. Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres (ANFACER), 2023a. Disponível em: <https://www.anfacer.org.br/setor-ceramico/historia-da-ceramica>. Acesso em: 05 maio 2024.

ANFACER. Avaliação do ciclo de vida placas cerâmicas para revestimento [média nacional], 2015. Disponível em: <https://anfacerblob.blob.core.windows.net/anfacermkt/anfacer/anfacer%2Bsustentavel/ANFACER%20-%20Avaliação%20Ciclo%20de%20Vida.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2024.

AVELINO, ALINNY DANTAS et al. The Factors that Influence Productivity During the Activity of Lining in Small Vertical Buildings in Brazil - A Case Study. In: PROCEEDINGS OF THE 20TH CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION (IEA 2018) VOLUME VII: ERGONOMICS IN DESIGN, DESIGN FOR ALL, ACTIVITY THEORIES FOR WORK ANALYSIS AND DESIGN, AFFECTIVE DESIGN 20. Springer International Publishing, 2019. p. 76-85.

BOSCHI, ANSELMO O. Panorama atual da Indústria Brasileira de revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, v. 13, n. 3, p. 13-16, 2008.

CONTARTESI, FLAVIA; MELCHIADES, FÁBIO G.; BOSCHI, ANSELMO O. Avaliação do Ciclo de Vida (ACV): Uma ferramenta para a redução do impacto ambiental dos revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, v. 24, n. 2, p. 30-44, 2019.

FULFORD, R.; STANDING, C. Construction industry productivity and the potential for collaborative practice. **International Journal of Project Management**, v.32. 2014, ISSN 0263-7863. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.05.007.

SOUZA, HELENA CRUZ et al. Revestimentos cerâmicos na construção: influência da paginação e modulação no tempo de execução e geração de resíduos, **ENCONTRO NACIONAL DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO**, 2025, em processo de seleção.

MACIEL, ROSILENE CONCEIÇÃO; GOMES, ROBERT LUIZ; DIAS, MARIA REGINA ÁLVARES CORREIA; Padrões visuais imitativos em revestimentos de pisos: percepção de diferentes materiais pelos usuários, **Colóquio Internacional de Design**, São Paulo, v. 8, p. 1344-1359, 2020.

MARTINS, B. Como limpar banheiro: um guia completo para a sua faxina! **Casa Vogue**, 2022. Disponível em: <https://casavogue.globo.com/Smart/noticia/2022/03/como-limpar-banheiro-um-guia-completo-para-sua-faxina.html>. Acesso em: 23 julho 2024.

SETTEMBRE BLUNDO, D.; GARCÍA-MUIÑA, F. E.; PINI, M.; VOLPI, L.; SILIGARDI, C.; FERRARI, A. M. Sustainability as source of competitive advantages in mature sectors: The case of Ceramic District of Sassuolo (Italy). **Smart and Sustainable Built Environment**, v. 8. 2019, ISSN: 2046-6099. https://doi.org/10.1108/SASBE-07-2018-0038.

SILVA, W.C., SANTOS, G.O., ARAÚJO, W.E.L., Resíduos sólidos de construção civil: caracterização, alternativas de reuso e retorno econômico. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 286–301, 2017.

SEIBEL, SILENE; MEYER-STAMER, JOERG; MAGGI, CLAUDIO. Globalização e os desafios para as indústrias italiana, espanhola e brasileira de revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, v. 6, n. 6, p. 28, 2001.

VIEIRA, ANGELA WATERKEMPER. **Análise do ciclo de vida de revestimento cerâmico**. Criciúma, 2022. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC.

VIEIRA, MAICO CARLOS. **Gestão de design e cognição: uma pesquisa sobre a percepção do usuário considerando as características e funções do produto cerâmico de revestimento**. Florianópolis, 2018. Dissertação (Mestrado em Gestão de Design) - Programa de Pós-Graduação em Design e Expressão Gráfica, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

WANDERLEY, INGRID MOURA. **Azulejo na arquitetura brasileira: os painéis de Athos Bulcão**. São Paulo, 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo – USP.

YE, LIPING; HONG, JINGLAN; MA, XIAOTIAN; QI, CONGCONG; YANG, DONGLU. Life cycle environmental and economic assessment of ceramic tile production: a case study in China. **Journal Of Cleaner Production**, v. 189. 2018, ISSN 0959-6526. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.112.