

O vidro pós-consumo como precursor da sustentabilidade da indústria vidreira

Rafael Rodrigo Ferreira de Lima^{a*}

^aPrograma de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, Av Marcelo Deda Chagas s/n, Rosa Elze, 49107-230, São Cristóvão, SE.

*e-mail: rafaellarielrodrigo@gmail.com

Resumo

O descarte do vidro pós-consumo ainda é um desafio para a indústria, ainda que este seja um material de inúmeras possibilidades. Aplicá-lo adequadamente na retroalimentação do ciclo produtivo é uma etapa essencial para a sustentabilidade de toda a cadeia produtiva do vidro. Nessa perspectiva, ao aplicar o vidro do pós-consumo no desenvolvimento de outros produtos a partir da sua reciclagem há benefícios com agregação de valor para ambas as linhas de produção e para toda a cadeia produtiva. Este artigo de revisão narra sobre o tema. Buscou-se, de forma didática, explanar a atual situação da reciclagem do vidro a partir da literatura publicada, contemporânea, sobre essa viabilidade sustentável. Concluiu-se que o emprego do vidro pós-consumo, seja no ciclo produtivo de vidro ou como constituinte de outros produtos, apresenta potencial para elevar o nível de sustentabilidade da indústria vítrea, embora não tenha sido realmente empregado esse potencial na prática, haja vista o baixo percentual de reciclagem de vidro no Brasil.

Palavras-chave: Vidro; sustentabilidade; reciclagem.

1. INTRODUÇÃO:

A poluição do meio ambiente implica em degradações visíveis da paisagem e extrapola para os mais diversos processos produtivos, impactando o crescimento econômico, a saúde do trabalhador, e a saúde pública [1,2]. Essa poluição assume os mais diferentes aspectos negativos da ação humana [3] e requer a atitude a favor da preservação e conservação dos recursos naturais e do meio ambiente, necessitando de efetivo engajamento da sociedade, enquanto corpo coletivo [4].

Ao se considerar que as ações locais possuem um significativo efeito global, deve-se considerar que os atores locais necessitam compreender as próprias ações sobre o meio ambiente de maneira a buscar soluções para as problemáticas da degradação ambiental [5]. Essa busca pela resolução de problemas ambientais locais resvala, quando se analisa sob o ponto de vista das reações do meio ambiente sobre o ser humano, também, na resolução de problemas de saúde como transtornos, ansiedade e depressão [6], além de interferir em outras vulnerabilidades, como social e econômica, ambas dentro do escopo da discussão ambiental [7], uma vez que as cadeias produtivas de alimentos e a paisagem podem ser dura e negativamente afetadas pelas alterações climáticas, gerando, por exemplo, quadros de insegurança alimentar, incêndios e insegurança energética [8].

Essas consequências sociais, políticas, econômicas e ambientais representam um desafio para o ser humano, onde quer que se localize no globo terrestre [9], embora não sejam iguais em todas elas [10]. Na América do Sul, por exemplo, as mudanças no clima provocadas pela ação humana ameaçam a integridade do solo [11], as precipitações projetadas e um aumento da temperatura para essa região [12] e alterações na dinâmica das populações dos seres vivos não humanos, como os vegetais [13] e os anfíbios [14].

Assim, urge a necessidade de processos produtivos que se retroalimentem e economizem energia em toda a cadeia produtiva, de maneira a buscar o efetivo alcance de todas as dimensões da sustentabilidade. Isso deixou de ser uma opção e tornou-se uma rotina para o setor industrial, que procura manter o crescimento econômico alinhado com a disponibilidade de recursos produtivos. Nesse escopo encontra-se na reciclagem uma importante ferramenta para a sustentabilidade das cadeias produtivas e dos processos.

No entanto, na América do Sul, há uma carência de infraestrutura e robustez política e social para promoção de reciclagem de resíduos [15], que já conta com áreas afetadas pela falta de procedimentos seguros para o manejo de resíduos, sendo motivo de preocupação na literatura [16]. Para romper tais paradigmas é preciso que o próprio setor produtivo esteja na vanguarda do movimento que busca a sustentabilidade, de maneira a manter significativos índices de economia de recursos, crescimento econômico e inovação.

Neste artigo objetiva-se rever, de forma crítica e narrativa, o quadro geral de reciclagem do vidro voltado para a produção de outros produtos ou incorporação em processos produtivos, sob o ponto de vista da busca pela sustentabilidade da indústria vidreira brasileira com base na literatura científica disponível.

2. RECICLAGEM DE VIDRO:

O descarte de resíduo vítreo configura-se como um problema ambiental [17] uma vez que o vidro, com alto potencial para reciclagem e reutilização, acaba sendo descartado após o consumo [18]. No gerenciamento do resíduo vítreo, grandes desafios se impõem para a sustentabilidade dessa cadeia produtiva, dentre eles, o principal, é a distância entre os pontos de descarte nas mais diversas cidades brasileiras e os locais concentradores da produção de vidro [19].

A reciclagem do vidro diminui o impacto gerado na manutenção de aterros sanitários [20], local de descarte da maioria dos resíduos sólidos urbanos [21], e diminui substancialmente o gasto de energia na produção de novos produtos vítreos. Os fabricantes desses produtos apontam o grande potencial de uso do vidro pós-consumido em seus processos produtivos, com redução de insumos em até 60% e 25% economia de energia do ciclo produtivo [22].

No entanto, a reciclagem do vidro é permeada por problemáticas como a preferência dos coletores de resíduos por outros materiais, o preço de revenda do material coletado, a necessidade de equipamentos de proteção individual para a atividade de coleta e a falta de um nicho estruturado para essa etapa da cadeia produtiva [23]. Essas dificuldades ajudam a explicar, em parte, o baixo índice gravimétrico de recuperação dos resíduos sólidos urbanos. Conforme a Fig.1, o percentual de reciclagem do vidro é muito baixo, apenas 12,2% em 2021 e 11,2% em 2022, e ainda mais preocupante quando se comparado com o percentual de reciclagem dos demais materiais [24]. Esse baixo índice de reciclagem, que envolve os processos de logística reversa, representa um grande empecilho para a sustentabilidade da cadeia produtiva do vidro.

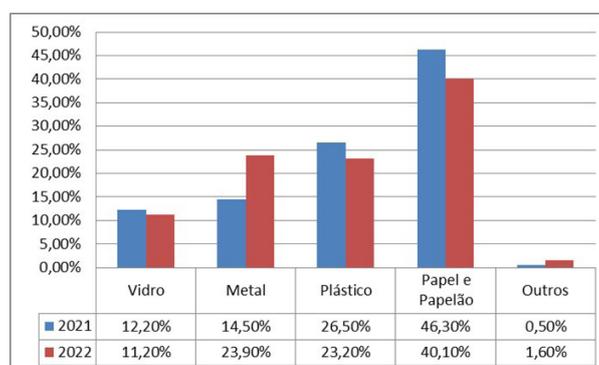


Figura 1. Percentuais de reciclagem dos materiais oriundos dos Resíduos Sólidos Urbanos dos anos 2021 e 2022 (adaptado de [24])

Existe uma considerável falta de tratamento doméstico no descarte do vidro, destinando-o ao lixo comum, fato que explica o desejo expressivo dos indivíduos por obter maiores informações sobre o descarte adequado do resíduo vítreo e seu ciclo de vida [25].

Devido ao seu grande potencial de reciclagem, o vidro pode alimentar repetidas vezes o ciclo produtivo da sua cadeia e fomentar o desenvolvimento de novos produtos e novas aplicações a partir de seu uso na produção de diversos outros produtos e/ou na incorporação de outros processos produtivos de outras cadeias produtivas, de maneira a ampliar os índices de reciclagem.

3. APLICAÇÕES OBSERVADAS NA LITERATURA:

As aplicações do vidro pós-consumo têm sido relatadas na literatura científica abrangendo diversas áreas, demonstrando suas potencialidades no processo de promoção de uma indústria vidreira sustentável. A seguir são elencadas tais utilizações propostas pela ciência na busca dessa reutilização.

Para a construção civil, o resíduo de vidro oriundo de embalagens apresentou uma significativa possibilidade como agregado sintético, em uma relação proporcional entre a quantidade de resíduo vítreo empregada e a redução da absorção de água e o aumento da resistência mecânica até a temperatura a partir de 1000°C e a adição de 20% de vidro na massa argilosa [26].

Em uma composição que envolveu resíduos poliméricos, têxteis e orgânicos, foi empregado na aplicação de produção de placas cimentícias e pavers [27]. No entanto, tal heterogeneidade composicional não pode ser adequadamente empregada haja vista o aumento da absorção de água no produto final [27].

O vidro proveniente de garrafas de cerveja foi estudado visando a redução do tempo de queima de materiais argilosos e melhorar as propriedades físico-químicas finais. A conclusão de tal estudo demonstrou que a adição de até 20% desse resíduo de vidro, com a temperatura entre 700 e 900°C, permitiu melhoria no processo de densificação, redução do índice de absorção de água e aumento na resistência mecânica [28].

O resíduo do vidro temperado foi empregado na composição de argamassas observando-se a proporcionalidade na medida em que aumenta o volume desse resíduo na composição, embora a absorção de água, para o produto resultante, tenha apresentado um altíssimo índice de retenção de água, demonstrando, entre outros fatores, certa possibilidade de emprego desse resíduo [29].

O vidro reciclado foi estudado como agregado sob o efeito da água do mar de maneira a se buscar a inovação. Essa reinvenção da utilização do vidro reciclado permite estudar novas maneiras de interação entre os materiais em condições adversas no oceano [30].

Como substituinte de agregados finos, o vidro decorrente do consumo de garrafas de cerveja quando misturado ao metacaulim para o desenvolvimento de concreto autoadensável demonstrou a inexistência de segregação na mistura e um efeito danoso com volumes altos de vidro reciclável na mistura, demonstrando uma limitação, ainda que possível, para tal uso [31].

A investigação sobre a substituição total de areia por PVC e vidro reciclado demonstrou uma oportunidade de se obter um compósito cimentício leve, com aumento do índice de absorção de água e aumento da capacidade de absorver energia [32]. Essa aplicação apresenta-se como uma interessante via para reduzir a poluição de vidro e polímero.

Quando componente de material compósito à base de cimento, o resíduo vítreo marrom possui uma resistência à compressão média, na composição de 40% cimento, 30% resíduo de vidro e 30% de quartzo, com valor de 30 MPa. Nas composições em que o resíduo do vidro figurou com 60% e o cimento com 40%, a resistência média caiu, levando a concluir que tal compósito apresenta condições para uso em pisos e revestimentos, por exemplo [33].

A utilização de vidro soda cal, na forma de pó, para substituição parcial do cimento por tal rejeito demonstrou o aumento da absorção de água à medida que se aumentou o percentual do resíduo na mistura, na proporção de 20% [34].

Quando empregado como substituinte de feldspato no processo de fabricação de porcelanas, o vidro reciclado tipo soda cal, no percentual de 10% na barbotina, composta ainda por 15% de feldspato, 50% de osso calcinado e 25% de caulim, apresentou similaridade reológica com o feldspato e estabilidade na suspensão. Os pontos negativos dessa mistura, como a dificuldade para estabilizar a barbotina, podem ser superados no processo de fabricação [35].

O vidro pós-consumo, a partir de garrafas, foi empregado com sucesso na fabricação de louças sanitárias, cuja atuação do resíduo foi estudada no corpo e no esmalte da peça, com melhor propriedade mecânica e menor temperatura de queima [36].

Quando empregado como fundente, o resíduo vítreo originado do descarte de garrafas conseguiu reduzir a temperatura de queima [37]. Assim como já verificado, o uso do resíduo vítreo em barbotinas ajuda a reduzir a temperatura de queima e a melhoria nas propriedades como resistência mecânica e absorção de água [38].

A produção de espuma de vidro a partir do resíduo de vidro de soda cal, originado de garrafas transparentes do pós-consumo doméstico, demonstrou ser uma via para reduzir o problema do descarte inadequado [39].

As garrafas *long neck* foram usadas na composição de argamassas como agregado miúdo, cuja melhor inserção na composição foi de 50%, originando uma argamassa adequada, do ponto de vista das propriedades mecânicas, embora deva-se ter cuidado com a absorção de água, devido à capilaridade apresentada em todos os traços estudados, que limita a aplicação para revestimento [40].

O vidro soda cal proveniente de potes de uso doméstico demonstrou uma interessante utilização desse resíduo para a fabricação de engobe, cuja vantagem encontra-se no fato de não ser necessário adicionar maior quantidade de defloculante na composição, gerando, portanto, economia no processo produtivo [41].

Ainda sobre a potencialidade de utilizar o resíduo do vidro plano, soda cal, no processo de produção de engobe, foi verificada, com possibilidade de produção de um produto em que o resíduo substitui a frita branca, desde que controlados os parâmetros e o resíduo do vidro, uma matéria-prima dita secundária no processo, não interfira na qualidade do produto, fato que pode ser acompanhado a partir da formulação empregada [42].

O vidro pós-consumo de lâmpadas fluorescentes, por sua vez, foi empregado com bons resultados na incorporação à cerâmica vermelha, com a redução da retração linear, boa estabilidade dimensional e redução de absorção de água [43].

No ramo das cerâmicas vermelhas, a quantidade de água presente em sua composição pode significar um fator limitante de sua utilização na linha de produção. Um estudo baseado na resolução de um índice de absorção de água acima do tolerável demonstrou a adequação do resíduo de vidro, no percentual de 15%, oriundo de garrafa para esse controle, nas temperaturas de 900 e 950°C [44].

Na fabricação de vitrosas, os resíduos de vidro plano e de vidro de lâmpadas podem ser empregados no percentual de 40%, no respectivo processo produtivo [45].

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS:

A busca por um processo produtivo enxuto, econômico e eficiente resvala no conceito de sustentabilidade, que permite que a cadeia produtiva do vidro corresponda às expectativas do setor industrial e da sociedade, nos níveis nacional e internacional.

A capacidade de reciclagem do vidro torna-o um material cujas possibilidades são ampliadas a partir do produto final desejado. A literatura científica tem se debruçado sobre a aplicação do vidro reciclado nos mais diversos produtos cerâmicos, cuja aplicação recai, não sem mistério, no setor da construção civil e suas áreas correlatas. É suficiente crer que a aplicação do vidro pós-consumo na agregação de valor de construções e objetos pode se tornar uma importante ferramenta para alcançar a sustentabilidade não apenas na própria cadeia, mas no alcance dos objetivos do desenvolvimento sustentável e na sobrevivência humana.

Os índices de reciclagem do vidro, conforme dados levantados, apresentou diminuição no último ano e apresenta, no geral, índices de reciclagem menores que os materiais poliméricos e metálicos, demonstrando a necessidade premente de alterar esse quadro com o objetivo de reduzir a pegada ambiental da indústria vidreira.

Nessa perspectiva, ao empregar o vidro pós-consumo como fundente para reduzir o tempo de queima de peças cerâmicas, a reciclagem do vidro permite a economia de energia e a redução do impacto ambiental multinível.

REFERÊNCIAS:

- [1] Liao L, Du M, Chen Z, 2023. Environmental pollution and socioeconomic health inequality: Evidence from China. *Sustainable Cities and Society* 95, 10479. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104579>
- [2] Alford J, Massazza A, Jennings N R, Lawrance E, 2023. Developing global recommendations for action on climate change and mental health across sectors: A Delphi-style study. *The Journal of Climate Change and Health* 12, 100252. <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2023.100252>
- [3] Chia R W, et al., 2023. Role of soil microplastic pollution in climate change. *Science of The Total Environment*, 887, 164112. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164112>
- [4] Perga M E, Sarrasin O, Steinberger J, Lane S N, Butera F, 2023. The climate change research that makes the front page: Is it fit to engage societal action? *Global Environmental Change* 80, 102675. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2023.102675>
- [5] Braunschweiger D, Ingold K, 2023. What drives local climate change adaptation? A qualitative comparative analysis. *Environmental Science & Policy* 145, 40-49. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.03.013>
- [6] Alibudbud R, 2023. Mental health service, training, promotion, and research during typhoons: Climate change experiences from the Philippines. *Asian Journal of Psychiatry* 86, 103673. <https://doi.org/10.1016/j.ajp.2023.103673>
- [7] Lewis P G T, Chiu W A, Nasser E, Proville J, Barone A, Danforth C, Kim B, Prozzi J, Craft E, 2023. Characterizing vulnerabilities to climate change across the United States. *Environment International* 172, 107772. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107772>
- [8] Teasdale N, Panegyres P K, 2023. Climate change in Western Australia and its impact on human health. *The Journal of Climate Change and Health* 12, 100243. <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2023.100243>
- [9] Macedo J C, 2023. Climate change: a bioethical emergency and health priority. *Ethics, Medicine and Public Health* 27, 100872. <https://doi.org/10.1016/j.jemep.2023.100872>
- [10] Nuñez-Hidalgo I, Meseguer-Ruiz O, Serrano-Notivoli R, Sarricolea P, 2023. Population dynamics shifts by climate change: High-resolution future mid-century trends for South America. *Global and Planetary Change* 226, 104155. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2023.104155>
- [11] Riquetti N B, Mello C R, Leandro D, Guzman, J A, 2023. Climate change projections of soil erosion in South America in the XXI century. *Geoderma Regional* 33, e00657. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00657>
- [12] Jong P de, Barreto T B, Tanajura C A, Oliveira-Esquerre K P, Kiperstok A, Torres E A, 2021. The impact of regional climate change on hydroelectric resources in South America. *Renewable Energy* 173, 76-91. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.03.077>
- [13] Varas-Myrik, A, 2022. Predicting climate change-related genetic offset for the endangered southern South American conifer *Araucaria araucana*. *Forest Ecology and Management* 504, 119856. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119856>
- [14] Schivo F, Bauni V, Krug P, Quintana R D, 2019. Distribution and richness of amphibians under different climate change scenarios in a subtropical region of South America. *Applied Geography* 103, 70-89. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.01.003>
- [15] Valerio O, Muthuraj R, Codou A, 2020. Strategies for polymer to polymer recycling from waste: Current trends and opportunities for improving the circular economy of polymers in South America. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* 25, 100381. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.100381>
- [16] Pascale A, Sosa A, Bares C, Battocletti A, Moll M J, Pose D, Laborde A, González H, Feola G, 2016. E-waste informal recycling: An emerging source of lead exposure in South America. *Annals of Global Health* 82, 1, 197-201. <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2016.01.016>
- [17] Tushar Q, Salehi S, Santos J, Zhang G, Bhuiyan M A, Arashpour M, Giustozzi F, 2023. Application of recycled crushed glass in road pavements and pipeline bedding: An integrated environmental evaluation using LCA. *Science of The Total Environment* 881, 163488. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163488>
- [18] Gebremichael N N, Jadidi K, Karakouzian M, 2023. Waste glass recycling: The combined effect of particle size and proportion in concrete manufactured with waste recycled glass. *Construction and Building Materials* 392, 132044. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132044>
- [19] Diniz R G N, Lemos C F, Lima S C de, Melo V V de, 2023. Análise da dificuldade de reciclagem do vidro no Brasil e a logística reversa como alternativa para minimizar os impactos ambientais. *Revista Contemporânea* 3, 5, 4226-4241. <https://doi.org/10.56083/RCV3N5-041>
- [20] Ramos K S, Luz J A M, Milhomem F O, 2022. On the feasibility of manufacturing glass with mining waste. *Research, Society and Development* 11, 9, e13711929828. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.29828>
- [21] Simoncini J B V B, Tanagino P I D, Paula R C A de, Marques M D, 2022. Educação Ambiental e resíduos sólidos urbanos no Brasil. *ANALECTA-Centro Universitário Academia* 8, 1.
- [22] Santana A L, Lange L C, Magalhães A S, 2022. O impacto do instrumento econômico Bolsa Reciclagem orientado aos catadores de materiais recicláveis sobre o mercado da reciclagem do vidro no estado de Minas Gerais. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 27, 4, 737-747. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220210258>
- [23] Souza R H M de, Ribeiro V de O, Diodato J O, Santos A S dos, 2022. Análise gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do município de Dourados, MS. *Multitemas* 27, 66, 215-237. <https://doi.org/10.20435/multi.v27i66.3608>
- [24] ABRELPE, 2022. Panorama dos resíduos sólidos 2022. <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2022/>
- [25] Moraes M O, Vidigal H, 2022. Reverse logistics and solid waste: the importance of raising awareness of glass recycling. *Research, Society and Development* 11,5, e57611528829. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.28829>
- [26] Oliveira H A D, Santos C P D, Oliveira R M P B, Jesus E D, Macedo Z, 2019. Produção de agregado sintético de argila com reaproveitamento de resíduo de vidro. *Matéria* 24, 1, e-12318. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620190001.0653>
- [27] Moura J M B M D, Reis R, May S, Pinheiro I G, 2018. Placas cimentícias e pavers com incorporação de rejeitos da coleta seletiva do município de Blumenau, SC. *Ambiente Construído* 18, 1, 345-359. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000100225>

- [28] Oliveira, R H de, Duarte Y S, Vieira H R, Santos L S A dos, 2023. Reaproveitamento de vidro de garrafa como agregado na argila para produção produtos cerâmicos para construção civil. *Revista de engenharia e tecnologia*, 15, 1.
- [29] Sant Ana K O, Gurkewicz R de P, Wanderlind A, Savi A E, Piva J H, Antunes E G P, 2023. Uso de resíduo de vidro temperado (RVT) na composição de argamassas. *Cerâmica Industrial* 28, 1-12. <http://dx.doi.org/10.4322/cerind.2023.012>
- [30] Zhang Y, Zhang Q, Xue C, Wu K, Chang J, Lu J, Shen P, Zhao Q, Poon C S, 2023. Influence of seawater concentration on alkali-silica reaction of seawater sea-sand concrete: Mimicking through NaCl solution and recycled glass aggregate, *Construction and Building Materials* 394, 132110. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132110>
- [31] Singh H, Siddique R, 2022. Utilization of crushed recycled glass and metakaolin for development of self-compacting concrete. *Construction and Building Materials* 348, 128659. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128659>
- [32] El-Seidy E, Chougan M, Sambucci M, Al-Kheetan M J, Valente M, Ghaffar S H, 2023. Lightweight alkali-activated materials and ordinary Portland cement composites using recycled polyvinyl chloride and waste glass aggregates to fully replace natural sand. *Construction and Building Materials* 368, 130399. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130399>
- [33] Panzera T H, Strecker K, Sabariz A L R, Silva F M, 2007. Investigação do efeito da adição de resíduos vítreos nas propriedades mecânicas de compósitos cimentícios. *Cerâmica Industrial* 12, 5, 0.
- [34] Moraes A, Dourado J B D O L, Lima, É K A de, Resende C X, Paz G M da, Matos J M E de, Santos V B dos, 2022. Argamassa cimentícia: Uso sustentável de pó fino de vidro reciclado como precursor parcial. *Cerâmica Industrial* 27, 1, 1-11. <http://dx.doi.org/10.4322/cerind.2022.008>
- [35] Carús L A, Bento L E, Bragança S R, 2014. Comportamento reológico e colagem de suspensões de porcelanas de ossos com feldspato e vidro reciclado. *Cerâmica* 60, 353, 164-169. <https://doi.org/10.1590/S0366-69132014000100023>
- [36] Martini E, Pavese A, Tabacchi D, Fortuna D M, Fortuna A, 2021. Effects of sintering temperature on microstructure and properties of sanitaryware ceramic produced with waste material. *Cerâmica* 67, 381, 39-47. <https://doi.org/10.1590/0366-69132021673813022>
- [37] Villanova D L, Bergmann C P, 2010. Influência da variação granulométrica das matérias-primas nas propriedades tecnológicas em corpos cerâmicos a base de cinza pesada de carvão mineral e vidro sodo-cálcico. *Cerâmica Industrial* 15, 2, 0.
- [38] Morelli A C, Baldo J B, 2003. barbotinas cerâmicas contendo rejeito de vidro soda cal para maturação em baixa temperatura. *Cerâmica Industrial* 8, 3, 0.
- [39] Silva S K F da, Costa F P da, Fernandes J V, Melo J D C de, Menezes R R, Neves G D A, Rodrigues A M, 2022. Manufacturing and characterization of sustainable macroporous glass foams. *Cerâmica* 8, 386, 242-249. <https://doi.org/10.1590/0366-69132022683863271>
- [40] Trentin P O, Manica J, Vanzetto S C, Marangoni B, Zaleski A, 2020. Partial replacement of small aggregate by ground glass residue in the production of mortar. *Matéria* 25, 1. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620200001.0903>
- [41] Chuch A E, Jung B D, Simiano D, Magagnin D, Machado H S, Miguel M B, 2017. Análise dos resultados da inclusão de vidros reciclados na produção de engobe cerâmico: Vidro de potes. *Cerâmica Industrial* 22, 5-6, 27-32. <http://dx.doi.org/10.4322/cerind.2017.019>
- [42] Cipriano A P, Magagnin D, Bittencourt E B, Corrêa M E, Policarpo N, Silva V da, 2017. Análise da substituição proporcional de frita branca por vidro plano reciclado em engobes para revestimento cerâmico. *Cerâmica Industrial* 22, 4 22-26. <http://dx.doi.org/10.4322/cerind.2017.020>
- [43] Nandi V S de, Zaccaron A, Fernandes P, Dagostin J P, Bernadin A M, 2014. Adição de vidro reciclado de lâmpadas na fabricação de cerâmica vermelha. *Cerâmica Industrial* 19, 5, 0. <http://dx.doi.org/10.4322/cerind.2014.089>
- [44] Zaccaron A, Bernardin A M, Rosso F, Nandi V S de, Fernandes P, Piccoli R, Benedet G A, 2016. Utilização de vidro de garrafas para redução da absorção de água em produtos de cerâmica vermelha. *Cerâmica Industrial* 21, 5-6, 35-39. <http://dx.doi.org/10.4322/cerind.2016.035>
- [45] Bó M D, Silva L, Oliveira V, 2009. Fabricação de vetrosas com a utilização de resíduos de vidro plano e vidro de bulbo de lâmpadas. *Cerâmica Industrial* 14, 4 0.