

Fabricação de Pavimentos Cerâmicos e Cerâmica Celular a partir da Reutilização de Resíduos Sólidos – Adequação Laboratorial e Industrial

Bruna Rech Dagostim^{ab*}

^aInstituto Maximiliano Gaidzinski – IMG,
Rua Dr. Edson Gaidzinski 352, Centro, 88845-000 Cocal do Sul - SC, Brasil

^bEliane Revestimentos Cerâmicos S/A, Unidade Porcellanato,
Rodovia Luiz Rosso km 4, 88803-470 Criciúma - SC, Brasil

*e-mail: bruna.dagostim@eliane.com

Resumo: A melhoria da qualidade de vida e dos métodos de fabricação torna-se fator fundamental no estudo do reaproveitamento de resíduos industriais. No âmbito técnico, este processo provoca danos ambientais, comportamento similar à poluição atmosférica decorrente da fumaça das indústrias. O objetivo deste trabalho foi proporcionar métodos de reaproveitamento dos resíduos sólidos provenientes do polimento de revestimentos do tipo porcelanato, gerados por uma indústria cerâmica da região sul de Santa Catarina. A metodologia empregada requereu a avaliação de provas laboratoriais e industriais que comprovassem o valor deste material, assim como a análise química das amostras dos rejeitos, tendo como foco primordial da pesquisa a adequação industrial para a confecção de cerâmica celular. Os resultados obtidos indicam o alcance desta pesquisa, evidenciando a necessidade de implantação, transformando um rejeito em matéria prima, para reduzir o consumo de recursos naturais não renováveis para a fabricação de artigos cerâmicos.

Palavras-chave: cerâmica celular, resíduos, polimento.

1. Introdução

Hoje as empresas cerâmicas de uma forma geral encontram-se com um grande problema, o descarte de seus resíduos sólidos. Estes acumulam-se, gerando um grande volume e conseqüentemente a necessidade de um grande espaço para armazenamento. Os custos para descarte destes materiais em aterros certificados pelos órgãos ambientais são elevados, mas necessários, uma vez que resíduos depositados em aterros de forma desordenada podem trazer inúmeros problemas, como a contaminação do solo, rios, lençóis freáticos, ou seja, influenciam negativamente em todo o ciclo biológico presente¹.

Por isso, a redução e a reutilização dos resíduos industriais se tornam fatores fundamentais para as empresas, pois transformará um rejeito em matéria-prima, e conseqüentemente proporcionará retorno financeiro as mesmas.

Na indústria cerâmica em especial, os principais rejeitos sólidos podem ser divididos em:

- resíduos convencionais: oriundos de todos os setores anteriores à etapa de queima, retíficas de monoporosa e esquadadora de porcelanato técnico; e
- resíduos de polimento: compreendem restos de abrasivos e vestígios de porcelanato.

A captação destes resíduos normalmente se dá pelo uso de “canaletas” que cortam as fábricas, e pela água há o arraste destas partículas até uma estação de tratamento de efluentes. Nesta etapa o processo de purificação se dá através da aplicação de flocculantes, que desestabilizam as cargas negativas dos colóides, materiais suspensos, impossibilitando que aconteça a repulsão eletrostática, o que propicia a coagulação e posteriormente a sedimentação deste material. A água limpa pode retornar para a unidade fabril, e a água

suja decantada, passará por um processo de filtro prensagem que dará origem ao conhecido “lodo”. Este “lodo” não pode retornar a composição de massa, pois o abrasivo utilizado na etapa de polimento é rico em carvão de silício, que se decompõe a partir de 1150 °C em atmosfera oxidante, gerando gases no interior do corpo cerâmico, o que acarreta em deformações e crescimento de poros¹. Fatores indesejáveis em porcelanatos técnicos, isto impossibilita o uso de todo o rejeito, uma vez que não exista a distinção dos diversos tipos de rejeitos.

Em contra partida este material pode ser utilizado como agente promotor de expansão em produtos cerâmicos, para a confecção de cerâmicas celulares, que são materiais que possuem uma vasta gama de utilizações na indústria de metais fundidos, petroquímica, eletrônica e na biomedicina, além da construção civil, como isolantes térmicos, isolantes acústicos, preenchimento leves para lajes e ainda por se tratar de uma cerâmica, são resistentes a chamas².

Atualmente vários métodos são utilizados para a fabricação de cerâmica celular, como compactação isostática a quente (HIP) sem cápsula, sinterização reativa, esponja polimérica ou réplica, incorporação de materiais orgânicos, formação de bolhas em uma composição mássica durante tratamento térmico adequado, entre outros³.

Este projeto visa a separação da captação dos resíduos da indústria cerâmica, para a produção de cerâmica celular a partir dos rejeitos ricos em carvão de silício pelo método de formação de bolhas e a fabricação de pavimentos cerâmicos convencionais a partir dos demais rejeitos sólidos industriais.

2. Metodologia

Coletaram-se de forma distinta os resíduos oriundos do setor de polimento e os rejeitos convencionais, dos demais setores da unidade industrial (preparação de massa, retífica de monoporosa, e esquadadora de porcelanato técnico) obtendo-se dois tipos de materiais com características bem distintas, estas amostras foram moldadas em prensa laboratorial (umidade 7%; pressão de compactação 50 bar). A queima foi realizada em escala industrial (temperaturas 1218 °C, ciclo: 48 minutos).

Após caracterização prévia destas amostras, realizou-se um gradiente de temperaturas em forno laboratorial, tipo Explore, em seis escalas de temperaturas (1150-1200 °C, em 50 minutos de ciclo). Após tratamento térmico os corpos de prova foram submetidos a ensaios de retração/expansão de queima, perda ao fogo, densidade aparente a queimado e absorção de água, além da determinação das melhores condições de processamento laboratorial para o rejeito de polimento.

Realizou-se ainda a adequação da queima industrial para as amostras dos resíduos convencionais, estas foram feitas em prensa industrial com formato de rodapé.

Por fim determinou-se a análise química por espectrometria de fluorescência de raio X e espectrometria de absorção atômica do rejeito de polimento.

3. Resultados e Discussões

Os resultados obtidos com a queima experimental do material estão dispostos na Tabela 1.

Os resultados prévios apontam que os resíduos convencionais apresentam características fortemente fundentes, atingindo uma retração média de 10,77%, além de estar bem densificado ($2,07 \text{ g.cm}^{-3}$) com baixa absorção de água.

Já o resíduo de polimento apresentou uma expansão de aproximadamente 27,4%, com uma baixíssima densidade, (inferior a $0,25 \text{ g.cm}^{-3}$), o que caracteriza este material como uma cerâmica fortemente expandida, ou seja, uma cerâmica celular. A absorção de água em volume tão elevado demonstra a grande quantidade de poros fechados e abertos que o material possui (Figura 1).

O gradiente de temperaturas mostrou que a densidade diminui à medida que se aumenta a temperatura de queima, em contrapartida a absorção de água aumenta gradativamente, como mostra a Figura 2.

A expansão deste material também seguiu a tendência esperada, aumenta à medida que cresce a temperatura submetida, chegando à expansão máxima de 32%. (Figura 3).

Com esses ensaios conclui-se que as condições ideais de processamento laboratorial para o rejeito de polimento são no intervalo de temperaturas de 1170-1180 °C, pois possuem uma boa expansão entre 15-25%, densidade constante, e maior facilidade de controlar o tamanho das amostras.

Para a adequação da queima industrial, o primeiro teste utilizou-se o mesmo ciclo de queima laboratorial (50 minutos), mas os resultados não foram satisfatórios, pois as peças ficaram com uma coloração escura, apresentando trincas e retraíram muito. Então se reduziu o ciclo para 45 minutos, onde as peças ficaram com uma cor mais amena, permanecendo dentro do tamanho nominal ($85 \times 400 \text{ mm}$). Na Figura 4 pode ser observado a mudança da cor de queima com a redução do ciclo do forno.

Segundo o mapeamento dos elementos contidos do rejeito de polimento (análise química), pode-se observar que a expansão do material está diretamente relacionada com o percentual de sódio e magnésio, pertencentes à família 1A e 2A, alcalinos e alcalinos

Tabela 1. Resultados obtidos com a queima experimental dos rejeitos.

Resíduos convencionais					
Amostras	P.F	Retração	Dap. seco	Dap. queima	A.A
1	1,12	10,52	1,54	2,07	0,13
2	1,12	11,03	1,54	2,07	0,12
Média	1,17	10,77	1,54	2,07	0,13
Amplitude	0,09	0,51	0,00	0,00	0,01

Resíduos de polimento					
Amostras	P.F	Retração	Dap. seco	Dap. queima	A.A
1	2,39	-27,18	1,58	0,21	24,39
2	2,81	-27,57	1,58	0,21	24,47
Média	2,60	-27,38	1,58	0,21	24,43
Amplitude	0,43	0,40	0,00	0,00	0,08

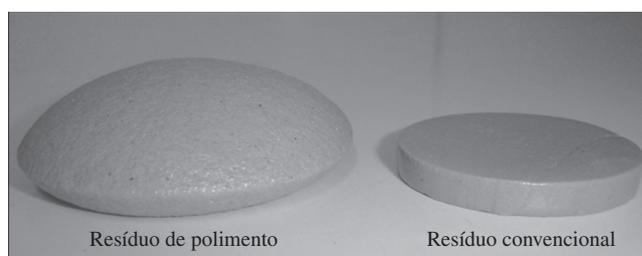


Figura 1. Amostras dos resíduos queimados em forno industrial.

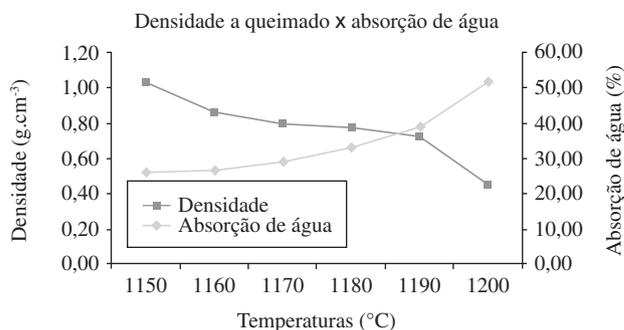


Figura 2. Resultados comparativos, densidade x absorção de água.

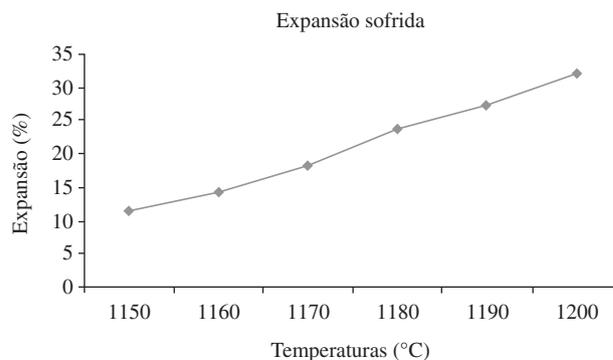


Figura 3. Expansão sofrida pelo rejeito de polimento em diversas escalas de temperatura.

terrosos respectivamente, onde o carbetto de silício não é o único responsável pela expansão do material.

Para comprovação desta tese, as partículas de maior granulometria do carbetto de silício foram retiradas da massa por decantação, permanecendo apenas vestígios deste material em menor proporção, as amostras foram queimadas em forno industrial, seguindo as mesmas condições da primeira queima experimental, (umidade em 7%, pressão de compactação 50 bar; temperatura: 1218 °C, ciclo: 48 minutos) (Figura 5).

As amostras apresentaram uma expansão de 26,54%, comprovando que a relação MgO e Na₂O é um importante auxiliador no caráter expansivo obtido pelo rejeito de polimento.

4. Conclusão

Com o término deste trabalho conclui-se que a reutilização dos rejeitos industriais convencionais é viável para a fabricação de pavimentos cerâmicos, assim como a incorporação em massas de cerâmicas convencionais como monoqueima e monoporosa, o material apresentou característica fundente e com uma cor de queima clara, ideal para este tipo de revestimento.



Figura 4. Comparativo de cor de queima, na adequação industrial.



Figura 5. Cerâmica celular sem as partículas maiores de carbetto de silício.

Com os resultados obtidos com o rejeito de polimento observou-se seu grande potencial como cerâmica celular, devido seu caráter expansivo, apresentando massa relativamente baixa, baixa densidade e baixa condutividade térmica e com absorção de água variavelmente alta.

Como resultado indireto deste trabalho, percebeu-se que o grande promotor da expansividade do material não é apenas o carbetto de silício e sim sua associação com sódio e magnésio, que individualmente não promovem expansão considerável, mas em junção são meios de atingir expansões em torno de 30%.

Com os gradientes de temperatura definiram-se as melhores condições de fabricação laboratorial para o rejeito de polimento, com um ciclo de 50 minutos e temperatura variando em torno de 1170-1180 °C, onde é possível um controle maior das dimensões do material, mantendo constantes as demais características como absorção de água e densidade aparente a queimado.

Já as provas industriais realizadas com os rejeitos convencionais, chegamos as condições industriais ideais para o processamento deste material, que seria 1218 °C de temperatura, ciclo de 45 minutos.

Com tudo, conclui-se o alcance desta pesquisa uma vez que a produção de rejeitos industriais e algo que cresce a cada ano, juntamente com a produção de revestimentos cerâmicos, e como ainda não é possível a fabricação sem a geração de resíduos, proporcionamos uma saída rentável a um problema que afeta todas as empresas da região, assim como a preocupação ambiental com o descarte dos resíduos sólidos por que além da produtividade e competitividade econômica, qualquer sistema produtivo deve primar pela proteção ambiental, não somente pela exigência legal, mas também por proporcionar maior qualidade de vida a população.

Agradecimentos

A autora gostaria de agradecer a empresa Eliane Revestimentos Cerâmicos, unidade Porcellanato, pelo fornecimento dos resíduos e por disponibilizar seus laboratórios, em especial ao orientador Claudino Paseto Rezin.

Referências

1. BERNANDIN, A. M.; SILVA, M. J.; CARVALHO, E.; RIELLA, H. G. Cerâmicas celulares obtidas a partir de resíduos de polimento. **Cerâmica Industrial**, p. 31-35, 2007.
2. SEPULVEDA, P. Gelcasting foams for porous ceramics. **American Ceramic Society Bulletin**, v. 76, n. 10, p. 61-65, 1997.
3. MONTANARO, L.; JORAND, Y.; FANTOZZI, G.; NEGRO, A. Ceramic foams by powder processing. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 18, p. 1339-50, 1998.
4. GIBSON, L. J.; ASHBY, M. F. **Cellular solids: structure and properties**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
5. BERNANDIN, A. M. et al. Reaproveitamento de resíduos de polimento e de esmaltação para obtenção de cerâmica celular. **Cerâmica Industrial**, v. 11, n. 5-6, p. 31-34, 2006.
6. SCHWARTZWALDER, K.; SOMERS, A. V. **Method of making porous ceramic articles**. US Patent, No 3090094, 21 maio 1963.
7. SOUSA, E. **Processamento e caracterização de vitrocerâmico celular do sistema LZSA**, v. 1. p. 40-78, 2007.