

Incorporação de Resíduo Têxtil de Lavanderias Industriais na Fabricação de Blocos Cerâmicos de Vedação

**Oswaldo Teruo Kaminata*, Célia Regina Granhen Tavares, Cláudia Telles Benatti,
Fabrícia Maribondo da Silva Ramos, Marina Capelasso**

*Universidade Estadual de Maringá – UEM
e-mail: otkaminata@uem.br

Resumo: As indústrias têxteis da região de Maringá, no noroeste do estado do Paraná, geram grande quantidade de resíduos sólidos que são, via de regra, dispostos em aterros industriais distantes mais de 500 km de Maringá, acarretando em altos custos para sua destinação final. No presente trabalho, foi avaliada a incorporação de resíduo sólido gerado em indústrias têxteis nas matrizes argilosas para a produção de blocos cerâmicos de vedação para utilização em construção civil. Foram desenvolvidos dois processos de pré-secagem (em estufa e à temperatura ambiente) e queima (em mufla e em forno de olaria) dos blocos cerâmicos. A partir da secagem em estufa à 105 °C durante 24 horas e queima em mufla à 850 °C durante 2 horas, obteve-se resultados insatisfatórios quanto à resistência mecânica, resultando em valores abaixo de 1,5 Mpa, valor mínimo exigido pela NBR 15270-1/2005. Esse resultado foi devido à presença de fissuras superficiais oriundas da forma inadequada de pré-secagem das amostras. Amostras com secagem lenta em temperatura ambiente, durante 7 dias e queimadas em forno de olaria em temperatura de 850 °C, durante 72 horas, apresentaram resultados satisfatórios com valores de resistência à compressão cinco vezes acima do valor mínimo estabelecido pela referida norma. Os ensaios de absorção de água, em ambos os casos, apresentaram valores entre 13,2 e 15,4%, estando dentro dos limites estabelecidos pela mesma norma.

Palavras-chave: *resíduo têxtil, lodo de lavanderia, solidificação/estabilização, blocos cerâmicos.*

1. Introdução

Com a progressiva implantação de novas diretrizes na gestão de resíduos industriais e em busca de desenvolvimento sustentável, faz-se necessário aplicar alternativas eficazes e econômicas para o aproveitamento dos resíduos industriais têxteis, transformando-os em produtos inertes utilizáveis e de boa qualidade, em substituição ao elevado custo econômico de transporte com a destinação em aterros industriais. Com o crescente aumento da produção e a preocupação também com a qualidade do ambiente, as indústrias têxteis buscam soluções a fim de reduzir a geração de resíduos, otimizar a eficiência do tratamento dos efluentes para diminuir custos operacionais e melhorar sua imagem junto ao mercado consumidor. Nesse contexto, as indústrias de processamento têxtil da região noroeste do Paraná, sendo importantes no segmento econômico e social do estado, buscam soluções alternativas para o destino dos seus resíduos. Atualmente, os resíduos gerados durante o tratamento do efluente são semidesidratados na própria indústria geradora, acondicionados em embalagens especiais e transportados em carretas rodoviárias para aterros industriais localizados em Curitiba/PR ou Paulínea/SP, distantes mais de 500 km de Maringá.

Por outro lado, as indústrias cerâmicas desafiam a crescente escassez das reservas de matéria-prima para sua linha de produção de materiais de uso na construção civil. Somado com a exigente legislação ambiental para extração mineral, surgem expectativas de associar o resíduo de indústria têxtil com argila, produzindo materiais de boa qualidade e otimizando os custos operacionais e ambientais para ambas as partes.

A solidificação/estabilização dos resíduos têxteis industriais em matrizes sólidas como a argila cerâmica e a argamassa de cimento têm sido pesquisadas nos últimos tempos. A solidificação consiste em encapsular resíduos perigosos dentro de uma matriz sólida de grande

integridade estrutural¹¹ e a estabilização consiste em estabilizar os resíduos perigosos e transformá-los em materiais menos poluente⁸.

O lodo têxtil, quando incorporado em massas de cerâmica ou em argamassa de cimento, serve como matéria prima, podendo gerar economia e trazer benefícios para o gerador do resíduo e para a indústria cerâmica. É de interesse dos empreendedores do segmento têxtil dar uma destinação ao seu resíduo de forma econômica e ambientalmente correta, sem trazer riscos à saúde pública. Assim como é de interesse dos empreendedores dos setores cerâmicos produzir materiais de boa qualidade, utilizando agregados compatíveis, reduzindo a extração da matéria-prima argila, sem comprometimento da qualidade dos produtos cerâmicos.

Trabalhos de pesquisas já desenvolvidos com resíduos têxteis incorporados em matrizes de argila e argamassa de cimento, mostraram resultados interessantes para serem desenvolvidos e aplicados.

Moreira¹⁰ incorporou resíduo gerado na estação de tratamento de esgoto de indústria têxtil na fabricação de materiais de construção (cerâmica vermelha), utilizando até 10% de lodo têxtil em argila e queimaram em forno a uma temperatura entre 1000 e 1100 °C, obtendo, assim, os melhores resultados quanto à resistência mecânica e absorção de água.

Bitencourt⁷ caracterizou o lodo gerado em indústria têxtil e detectou a presença de metais, entre outros o Cobalto, Cobre e Zinco, além do Alumínio, utilizado no processo de decantação dos sólidos durante o tratamento físico-químico dos efluentes.

Herek⁹ estudou a solidificação/estabilização em proporções de 10 e 20% de lodo seco de uma lavanderia têxtil, obtendo bons resultados no teste de resistência à compressão e absorção de água em blocos cerâmicos com 10% de lodo incorporado na matriz argila.

Sundaram¹² pesquisou o tratamento e reuso do efluente de indústria têxtil utilizando como floculante o polieletrólito para decantação

dos sólidos suspensos, clarificando em seguida com hipoclorito de sódio para reaproveitamento da água. O lodo gerado nesse processo foi incorporado em blocos cerâmicos para uso em construção civil, utilizando-se entre 3 e 30% de lodo têxtil em argila, seguido da queima a uma temperatura gradativa de 200 a 800 °C durante 8 horas. A proporção com 9% de lodo têxtil e 91% de argila foi ideal para atender a resistência mecânica e absorção de água exigida pela norma Bureau of Indian Standard (BIS).

Com essa perspectiva, esse trabalho teve como objetivo avaliar a possibilidade da incorporação de resíduo sólido proveniente do setor têxtil em massas argilosas para a produção de blocos de vedação com seis furos na horizontal. Foi avaliada a qualidade dos blocos cerâmicos com incorporação de 10% de lodo têxtil em 90% de argila em escala reduzida (1:3) quanto às suas características de resistência mecânica e absorção de água nos blocos cerâmicos de vedação. Além disso, com o objetivo de se estudar o efeito da pré-secagem e queima dos blocos em suas características mecânicas, foram avaliados dois processos de pré-secagem (em estufa e à temperatura ambiente) e queima (em mufla e em forno de olaria).

2. Materiais e Métodos para Produção e Ensaio

2.1. Argila e lodo têxtil

O material utilizado foi o resíduo têxtil com densidade de 1,95 g/cm³ e 21,5% de umidade conforme NBR 6508/1984 e 41% de matéria orgânica conforme AWWA-APHA/1995 coletados em dez diferentes lavanderias têxteis da região da cidade de Maringá-PR. A mistura dos dez resíduos têxteis foi realizada, considerando a massa seca, mantendo dessa forma a proporcionalidade equivalente. A argila utilizada para a incorporação do resíduo, é procedente da jazida de indústria cerâmica localizada na cidade de Japurá-PR, às margens do rio Ivaí. Esse material tem característica granulométrica contendo 50% de argila, 35% de silte, 10% de areia fina e 5% de areia grossa, com densidade de 2,79 g/cm³ e 11% de umidade, conforme ensaio realizado seguindo a norma NBR 7181/1984.

2.2. Mistura e produção de amostras

A argila e o resíduo foram triturados em moinho de barras cilíndrico com capacidade para 0,1 m³, com movimento de 30 rotações por minuto, passando em seguida pela peneira 10 com malha de 2,5 mm para posterior homogeneização. O peneiramento foi necessário para que partículas sólidas não obstruíssem a boquilha da extrusora. A homogeneização do resíduo e argila foi realizada com auxílio do misturador cilíndrico, equipado com motor de 2 HP e redutor com 30 rotações por minuto. Após a homogeneização, a mistura foi transferida para recipiente de amassamento, adicionando água de forma gradativa, até formar uma massa consistente com plasticidade a ponto de abastecer a extrusora de marca Gerenski modelo MVIG-05. Dessa forma foram produzidos blocos de vedação em escala reduzida de 1:3, ou seja, paredes e septos de 2,5 mm, largura de 33 mm, altura de 50 mm e comprimento de 67 mm. Para o controle da análise das amostragens, foram produzidos também blocos utilizando apenas argila.

2.3. Secagem e queima das amostras

Foram estudados dois processos de secagem e queima; uma parte dos blocos produzidos foi seca em estufa à 105 °C durante 24 horas, em seguida queimada em mufla marca Quimis, à temperatura de 850 °C durante 2 horas; outra parte dos blocos produzidos foi seca em temperatura ambiente em local fechado, seco e ventilado, durante 7 dias, em seguida, queimada em forno de olaria à 850 °C durante 72 horas. No processo de queima dos blocos em olaria, observou-se cuidados com a manutenção da temperatura do forno, mantendo constante durante 48 horas, sendo gradativo o aquecimento inicial nas primeiras 12 horas, e gradativo também o desaquecimento durante as últimas 12 horas.

2.4. Caracterização dos blocos cerâmicos

As caracterizações realizadas nas amostragens, quanto à Absorção de Água⁵ e Resistência Mecânica⁵ foram realizadas no Laboratório do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá. Para o ensaio de resistência mecânica, foi utilizada a prensa modelo CBR 109 com capacidade para 4000 Kg. Para os ensaios de absorção de água foram utilizados estufa Quimis para 105 °C e balança Gerraka modelo 2000. No ensaio de resistência à compressão e absorção de água, foram utilizadas 20 amostras de blocos cerâmicos de controle produzidos apenas com argila e 20 blocos cerâmicos com 10% de lodo têxtil e 90% de argila, observando recomendações da norma.

3. Resultados e Discussão

3.1. Características de resistência mecânica das amostragens

A Tabela 1 apresenta os valores médios das resistências à compressão nos blocos cerâmicos, sendo maiores nas amostras com resíduo, nos dois processos de produção. Os resultados mostram que o método de secagem lenta e queima em forno de olaria produz blocos com resistência acima daquela recomendada pela norma, não ocorrendo o mesmo com os blocos produzidos com método de secagem rápida e queima em mufla, com resultados abaixo do recomendado pela norma.

De fato, a pré-secagem é um dos fatores que determinam a qualidade de produção. Durante a secagem, os blocos não devem ser expostos em ambientes ensolarados ou ventanias, pois isso poderá acarretar fissuras microscópicas pela rápida retração da camada superficial, causada pela evaporação acelerada da água absorvida na massa mais externa do bloco. O tempo de secagem é um fator preponderante, influenciando diretamente a qualidade dos blocos depois da queima. Quando submetidos à secagem lenta de 7 dias ou mais, em temperatura ambiente e em local fechado e ventilado, ocorrerá evaporação lenta e constante da água absorvida. Com a saída de água, durante a secagem dos blocos, haverá também a retração lenta e uniforme da massa, não ocorrendo, deste modo, fissuras no bloco. A umidade relativa do ar influencia no processo de secagem, podendo, este, superar o período médio de 7 dias. Após o período de secagem lenta não há mais o risco de ocorrência de fissuras nos

Tabela 1. Valores de resistência mecânica dos blocos cerâmicos produzidos nos dois processos de secagem e queima.

Tipo de secagem	Tipo de queima	Material utilizado nas amostras	Resistência à compressão (MPa)	Valor mínimo segundo NBR 15270-3/2005
Estufa 105 °C (24 horas)	Mufla de laboratório	Argila	0,8	1,5 MPa
		Argila + 10% de lodo têxtil	1,2	
Temperatura ambiente (7 dias)	Forno de indústria cerâmico	Argila	5,4	
		Argila + 10% de lodo têxtil	5,7	

blocos, pois a retração do bloco já foi praticamente consolidada. Há, no entanto, uma pequena fração da retração durante a queima pela eliminação da água higroscópica, não implicando, porém, com a qualidade do bloco cerâmico.

Na Figura 1 é apresentado o resultado de resistência mecânica dos blocos cerâmicos produzidos pelos dois processos de secagem e queima estudados. O processo de secagem dos blocos tem influenciado, sobretudo, nas características de resistência à compressão, sendo maiores os valores observados nos blocos secados de forma lenta.

Durante a produção dos blocos, é normal que a temperatura da massa umidificada tenha ligeiro aumento, tornando passível a evaporação da água contida na massa logo após a saída da boquilha. A baixa resistência mecânica nos blocos tem como causa, o processo de eliminação brusca da umidade superficial do bloco recém produzido.

A secagem das amostras em estufa à 105 °C durante 24 horas e queima em mufla à 850 °C durante 2 horas, obteve resultados insatisfatórios quanto a resistência mecânica, com uma resistência média de 0,8 MPa para blocos apenas com argila e 1,2 MPa para blocos com 10% de resíduo têxtil incorporado, valores, estes, abaixo do mínimo exigido pela norma NBR 15270-3/2005, que é de 1,5 MPa. Amostras com secagem lenta em temperatura ambiente, durante 7 dias e queimadas em forno de olaria em temperatura de 850 °C, durante 72 horas, apresentaram valores de resistência à compressão cinco vezes acima do mínimo estabelecido pela referida norma.

3.2. Características de absorção de água das amostragens

A Tabela 2 mostra que, nos ensaios de absorção de água, os blocos cerâmicos incorporados com 10% de resíduo têxtil, apresentaram acréscimo de 7% na capacidade de retenção de umidade, comparados com os blocos de controle somente com argila, nos dois processos de produção. Tal fato pode ter ocorrido devido ao aumento de porosidade no bloco causada pela volatilização da matéria orgânica contida no resíduo têxtil, durante o período de queima à 850 °C.

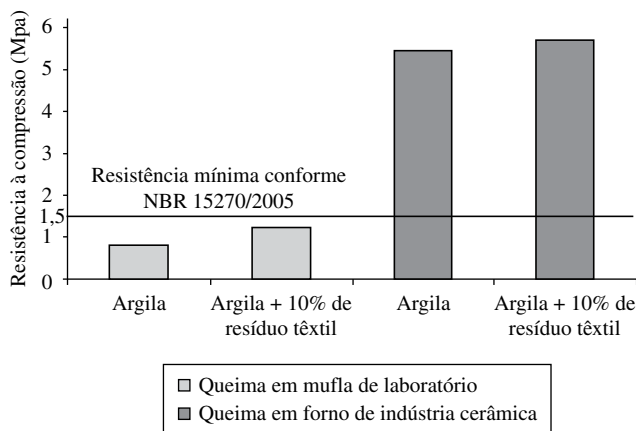


Figura 1. Gráfico de resistência mecânica dos blocos cerâmicos produzidos pelos dois processos de secagem e queima estudado.

A Figura 2 apresenta o gráfico dos resultados dos ensaios de absorção de água nas amostragens. Observa-se que os valores entre 13,2 e 15,4% estão dentro dos limites e não depende do processo de produção, sendo diretamente relacionado com a qualidade da matéria prima utilizada. Nesse caso, a argila selecionada para os ensaios, contendo grande quantidade de partículas finas argilosas e siltosas, foram determinantes para manter os valores de absorção dentro dos limites estabelecidos por norma.

4. Conclusão

O resíduo têxtil de lavanderias adicionado na proporção de 10% na matriz da massa argilosa alterou as propriedades mecânicas dos blocos produzidos pelos dois processos, conferindo maior resistência à compressão em relação aos blocos produzidos apenas com massa argilosa pura.

Os ensaios de absorção de água nas amostras produzidas pelos dois processos de secagem e queima apresentaram valores entre 13,2 e 15,4%, portanto dentro dos limites de 8 a 22%, estabelecidos por norma, não dependendo, portanto, do processo de produção.

Com base nos resultados obtidos, a incorporação de resíduos têxteis em matriz cerâmica mostrou-se um processo viável para a destinação final deste tipo de resíduo. As características físicas e mecânicas das amostragens de bloco com 10% de resíduo têxtil realizadas com o processo de secagem e queima lenta em forno de olaria atenderam aos valores estabelecidos pela norma NBR 15270-3/2005. No entanto, para a produção em escala industrial, ainda há necessidade de ensaios complementares de lixiviação e solubilização para a verificação da estabilização dos compostos químicos contidos no resíduo, assegurando o processo de solidificação/estabilização.

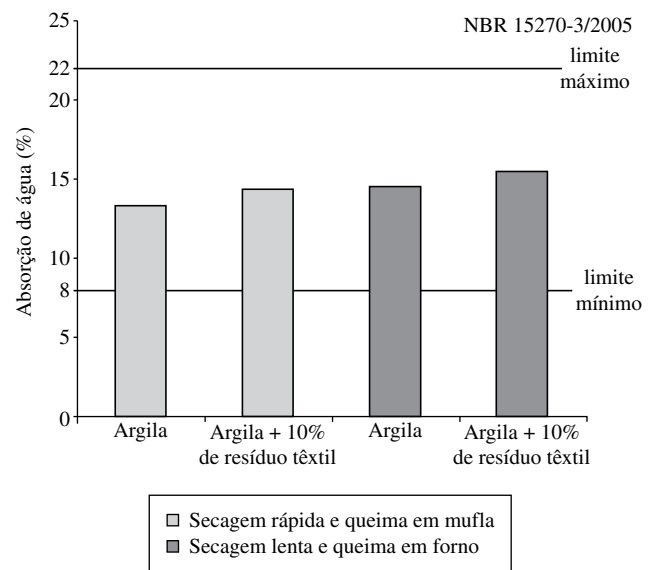


Figura 2. Gráfico de absorção de água nos blocos cerâmicos produzidos nos dois processos de secagem e queima.

Tabela 2. Valores de absorção de água nos blocos cerâmicos produzidos nos dois processos de secagem e queima.

Tipo de secagem	Tipo de queima	Material utilizado nas amostras	Absorção de água (%)	Valor de absorção de água segundo NBR 15270-1/2005
Estufa 105 °C (24 horas)	Mufla de Laboratório	Argila	13,2	8 à 22%
		Argila + 10% de lodo têxtil	14,3	
Temperatura ambiente (7 dias)	Forno de Indústria Cerâmico	Argila	14,4	
		Argila + 10% de lodo têxtil	15,4	

Referências

1. Ampessan, S. B. **Solidificação/Estabilização de Lodo da Indústria de Couro em Material Cerâmico**. Maringá, 2004. Dissertação – (Mestrado em Engenharia Química), Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, UEM.
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **NBR 6508**. Massa específica dos grãos - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 1984.
3. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 7181**. Análise granulométrica por peneiramento/sedimentação - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 1984.
4. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 15270-1**. Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.
5. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 15270-3**. Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.
6. American Public Health Association – AWWA-APHA. **Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater**. 19. ed. Washington, D. C., 1995.
7. Bitencourt, M. P. **Reaproveitamento do lodo gerado no processo de tratamento dos efluentes de lavanderia (tingimento e lavagem)**. Maringá, 2002. Dissertação - (Mestrado em Engenharia Química), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, UEM.
8. CETESB. **Resíduos Sólidos Industriais**. São Paulo, 1993. v.1, p. 32 – 43. (Trabalho elaborado pelo corpo técnico da CETESB).
9. Herek, L. C. S. Estudo da Solidificação/Estabilização do Lodo da Indústria Têxtil em Material Cerâmico. **Cerâmica Industrial**, v. 10, n. 4, p. 41-46, julho/agosto, 2005.
10. Moreira, A. H. Efeito da adição de lodo de águas residuais da indústria têxtil as propriedades de materiais de construção. **Cerâmica Industrial**, v. 47, n. 303, p. 158-162, 2001.
11. Prim, E. C. C. **Reaproveitamento do Lodo da Indústria têxtil como Material de Construção Civil – Aspectos Ambientais e Tecnológicos**, Florianópolis, 1998. Dissertação – (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.
12. Sundaram, S. Characterization and reuse of textile effluent treatment plant waste sludge in clay bricks. **Journal of the University of Chemical Technology and Metallurg**, n. 41, p. 4, 2006. (Departament of Chemical Engineering, National Institute of Technology, Tamilnadu, Índia).