

DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DOS BLOCOS CERÂMICOS INCORPORADOS COM RESÍDUO TÊXTIL

P. H. S. Almeida, O. T. Kaminata, C. R. G. Tavares.

CEP: 87020-060 e-mail: phsoal@yahoo.com.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ – UEM

RESUMO

Avaliou-se a incorporação do lodo têxtil em 5 tipos de argilas, coletadas na região norte do Paraná, e realizou-se uma análise qualitativa dos blocos cerâmicos, com composição de 15% de resíduo têxtil, em função de suas características, estabelecidas nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O resíduo utilizado foi proveniente de 12 indústrias têxteis de Maringá-PR. Inicialmente foi realizada uma caracterização do lodo e das argilas. O processo de Solidificação/Estabilização foi utilizado na fabricação de blocos cerâmicos de vedação. Os blocos cerâmicos foram fabricados em escala reduzida e submetidos a testes de resistência a compressão, lixiviação, solubilização e absorção de água, de acordo com as respectivas normas. Verificou-se nas condições estudadas que os blocos cerâmicos não apresentaram lixiviação nem solubilização. Portanto, a fabricação destes blocos cerâmicos, foi capaz de imobilizar de forma eficaz, os metais presentes no resíduo têxtil, mostrando-se como um promissor processo de minimização do impacto ambiental.

Palavras-chaves: Lodo, argila, bloco cerâmico, Solidificação/Estabilização.

INTRODUÇÃO

As indústrias de processamento têxtil são importantes segmentos econômicos e sociais no Brasil e no mundo. Com o desenvolvimento tecnológico, o número dessas indústrias vem crescendo a cada dia e com elas a quantidade de lodos e resíduos industriais. Com o esgotamento das reservas de matérias-primas, e a crescente e progressiva implantação de novas e exigentes diretrizes na gestão de lodos e resíduos, faz-se necessário o desenvolvimento de métodos de tratamento

alternativos e eficazes, em substituição ao simples descarte desses em aterros sanitários.

A incorporação de resíduos industriais em matrizes sólidas, tais como argila cerâmica e argamassas de cimento, produzindo-se materiais aplicáveis na construção civil, consiste numa alternativa de disposição ou tratamento do resíduo. A argila pode ser moldada facilmente, pela sua alta plasticidade, apresentando resistência estrutural e estabilidade aos seus constituintes da massa, após a queima em alta temperatura.

A técnica de Solidificação/Estabilização (S/E) é umas das formas de tratamento e disposição dos resíduos industriais. O processo consiste no encapsulamento do resíduo junto à matriz sólida, para que este se mantenha fixado na massa, em consequência da fusão com queima ou cimentação com aditivos quimicamente reativos entre os materiais envolvidos, evitando a lixiviação ou solubilização dos elementos constituintes do resíduo, considerados nocivos ao ambiente. Os resultados dessas interações são sólidos não-perigosos ou menos perigosos que o resíduo original.

Os benefícios do uso de resíduos como aditivos cerâmicos incluem além da imobilização de metais pesados na matriz queimada, a oxidação da matéria orgânica e a destruição de qualquer organismo patogênico durante o processo de queima.

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi estudar a influência dos tipos de argilas na produção de blocos cerâmicos de vedação a partir do processo de Solidificação/Estabilização de lodo têxtil. A incorporação do lodo têxtil em matrizes sólidas foi realizada na proporção de 15% de m relação à argila, produzindo-se materiais aplicáveis na construção civil.

MATERIAIS E MÉTODOS

As matrizes sólidas utilizadas foram argilas provenientes de 5 cerâmicas localizadas na região do Médio-Baixo Rio Ivaí - PR, abrangendo as cidades de Japurá (2 jazidas), São Carlos do Ivaí (2 jazidas) e Floresta (1 jazida) que se destacam como grandes produtores de cerâmica vermelha na região norte do estado do Paraná. A mesma foi caracterizada quanto ao teor de umidade e matéria orgânica total (Método Kiehl, 1985), pH (método da APHA, 2005), análise granulométrica

(NBR 7181/1984), limite de plasticidade (NBR 7180/1984), limite de liquidez (NBR 6459/1984), índice de plasticidade (NBR 7180/1984) e massa específica (método do picnômetro).

O resíduo têxtil (lodo) utilizado neste trabalho foi proveniente de 12 lavanderias industriais situadas na região de Maringá-PR, e é gerado no processo de tratamento de efluentes, na fase de decantação (tratamento primário). Estes resíduos foram coletados em estado semi-seco e, misturados e homogeneizados em quantidades iguais determinadas em porcentagem de massa seca.

O lodo foi caracterizado quanto aos seguintes parâmetros: teor de umidade e matéria orgânica total (Método Kiehl, 1985), massa específica (método do picnômetro), pH (Embrapa, 1979), análise química (relacionada aos metais por meio da digestão ácida) e quanto suas características tóxicas relacionadas aos procedimentos de lixiviação (NBR 10005/2004) e solubilização (NBR 10006/2004). Para determinação dos elementos químicos dos extratos lixiviados e solubilizados, bem como do extrato da digestão ácida foi utilizado o espectrofotômetro de absorção atômica modelo SpectrAA 50B da Varian.

A argila e o resíduo foram triturados em moinho com barras cilíndricas, passando em seguida pela peneira 10 com malha de 2,5 mm, para posterior mistura, em porcentagem de massa seca, e homogeneização.

Após a mistura e homogeneização, a massa foi transferida para recipiente de amassamento, adicionando-se água de forma gradativa, até formar uma massa consistente com plasticidade a ponto de abastecer uma extrusora de laboratório. A boquilha de saída da extrusora dá o formato ao bloco cerâmico de vedação, um tijolo de seis furos com 1/3 das dimensões do encontrado no mercado, ou seja, paredes e septos de 2,5 mm, largura de 33 mm, altura de 50 mm e comprimento de 67 mm.

Após a confecção os blocos cerâmicos eram secos em temperatura ambiente em local fechado e ventilado, durante 7 dias, para evaporação da água absorvida. Após a secagem eram queimados no forno de uma cerâmica localizada na cidade de Floresta - PR, a 850°C durante 72 horas, garantindo as condições de queima de um processo industrial.

O resfriamento dos blocos ocorreu de forma natural por cinco dias, até alcançar a temperatura ambiente para o recolhimento do material pronto para análise.

Os ensaios de resistência a compressão e absorção de água foram realizados conforme procedimento descrito na norma NBR 15270-3/2005 da ABNT. A

caracterização dos blocos cerâmicos referentes às análises químicas foi feita por meio da determinação de suas características tóxicas, relacionadas aos procedimentos de lixiviação (NBR 10005/2004) e solubilização (NBR 10006/2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do lodo têxtil

A Tabela 1 apresenta os resultados da caracterização do lodo, bem como os resultados das análises de metais.

Tabela 1 - Características do resíduo têxtil (lodo).

PARÂMETROS	LODO
Aspecto	pastoso
pH	7,8
Massa Específica (g/cm ³)	1,95
Matéria Orgânica Total (%)	41,0
Umidade (%)	21,5
Metais (mg/Kg)	
Al	62.966,7
Pb	174,7
Cu	287,5
Cr	195,0
Fe	35.172,4
Mn	1.106,1
Na	33.275,3
Zn	294,4
Ag	n.d
Ba	n.d
Cd	n.d
As	n.d
Ba	n.d
Hg	n.d
Se	n.d

n.d: valor não detectado pelo aparelho.

Por meio da análise de caracterização do resíduo, observou-se que o lodo têxtil possui uma grande quantidade de alumínio, ferro, manganês e sódio. Provavelmente estes metais são provenientes do processo de tratamento dos efluentes que se fixam no resíduo sólido, que na maioria das indústrias, é feito por processo de coagulação/floculação, utilizando sulfato de alumínio e cloreto férrico como agentes coagulantes.

As Tabelas 2 e 3 apresentam os resultados das análises de caracterização tóxica do lodo têxtil, relacionadas aos ensaios de lixiviação (NBR 10005/2004) e solubilização (NBR 10006/2004), respectivamente.

Tabela 2 - Características tóxicas do resíduo (procedimento de lixiviação)

METAIS	Concentração (mg/L)	Lim. Máx. (mg/L) NBR 10004/2004 (Anexo F)
Arsênio	n.d	1,0
Bário	n.d	70,0
Cádmio	n.d	0,5
Chumbo	n.d	1,0
Cromo	n.d	5,0
Mercúrio	n.d	0,1
Prata	n.d	5,0
Selênio	n.d	5,0

n.d: valor não detectado pelo aparelho.

Analisando o extrato lixiviado, verificou-se que os metais relacionados na norma NBR 10004/2004 (anexo F), não foram detectados. Dessa forma, o lodo têxtil pode ser classificado como um resíduo de classe II, ou não perigoso.

Tabela 3 - Características tóxicas do resíduo (procedimento de solubilização)

METAIS	Concentração (mg/L)	Lim. Máx. (mg/L) NBR 10004/2004 (Anexo G)
Arsênio	n.d	0,01
Bário	n.d	0,7
Cádmio	n.d	0,005
Chumbo	0,07	0,01
Cromo	0,05	0,05
Mercúrio	n.d	0,001
Prata	n.d	0,05
Selênio	n.d	0,01
Alumínio	0,3	0,2
Cobre	n.d	2,0
Ferro	n.d	0,3
Zinco	0,06	5,0
Manganês	4,2	0,1
Sódio	285,3	200,0

n.d: valor não detectado pelo aparelho.

Os resultados das concentrações dos metais presentes no extrato solubilizado (NBR 10006/2004) mostram que, Al, Pb, Mn e Na estão acima dos limites estabelecidos, demonstrando que no resíduo têxtil há ocorrência de metais que solubilizam em quantidades superiores aos permitidos pela NBR 10004/2004 da ABNT, o que leva a classificá-lo como um resíduo de classe II A - não inerte.

Caracterização das argilas

As argilas utilizadas no presente trabalho foram analisadas quanto ao teor de umidade e matéria orgânica total, pH, análise granulométrica, limite de plasticidade, limite de liquidez, índice de plasticidade e massa específica.

A Tabela 4 apresenta os resultados das análises de caracterização das argilas utilizadas para a fabricação dos blocos cerâmicos.

Tabela 4 - Caracterização das argilas.

PARÂMETROS	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
Aspecto	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
pH	5,49	5,44	5,45	5,54	5,35
M. Específica (g/cm ³)	2,81	2,70	2,78	2,79	2,73
M.O. Total (%)	7,03	6,36	6,22	7,05	7,71
Umidade (%)	4,78	5,62	5,42	4,50	4,43

As características das argilas dependem da sua formação geológica e da localização da extração. As argilas estudadas são provenientes da Bacia do Ivaí, norte do estado do Paraná, onde predominam as rochas sedimentares, folhetos, arenitos e calcários (MINEROPAR, 2009).

Os valores de pH das argilas analisadas foram semelhantes, em torno de 5. Segundo Thomas (1996) geralmente valores de pH do solo de 4 a 6, indicam a presença de alumínio trivalente em solos minerais e até em certos solos orgânicos.

O conteúdo de matéria orgânica, assim como a umidade, são parâmetros importantes que podem influenciar na qualidade final dos blocos cerâmicos, influenciando diretamente a porosidade e a absorção de água dos blocos.

A Tabela 5 apresenta os resultados de análise granulométrica das argilas.

Tabela 5 - Análise granulométrica das argilas.

AMOSTRAS DE ARGILA BRUTA	ARGILA (%)	SILTE (%)	AREIA FINA (%)	AREIA GROSSA (%)
1	42	32	26	-
2	46	47	7	-
3	58	23	15	4
4	42	32	26	-
5	43	20	32	5

As amostras apresentam diferentes distribuições granulométricas com exceção das amostras 1 e 4, oriundas da mesma jazida (São Carlos do Ivaí), que apresentam a mesma granulometria.

Pode-se observar que a fração argila das amostras analisadas variou de 42% para as amostras 1 e 4 a 58% para a amostra 3. As amostras de argila utilizadas apresentam características físicas apropriadas para produção de materiais cerâmicos, visto que, por meio da análise granulométrica apresentada na Tabela 5, verificou-se que grande parte da composição da argila bruta (> 40%) refere-se à fração argila, ou seja, trata-se de um material com alta capacidade de coesão após o umedecimento adequado, contendo principalmente partículas da fração argila e silte, que são preponderantes para formação de rigidez durante a queima em forno.

Consistência é o termo usado para designar as manifestações das forças físicas de coesão entre partículas do solo, e de adesão entre as partículas e outros materiais. Os limites de consistência são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Limites de consistência da amostra de argila.

PARÂMETRO	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
Limite de Plasticidade (%)	26	29	24	21	18
Limite de Liquidez (%)	52	50	60	51	43
Índice de Plasticidade (%)	26	21	36	30	25

O limite de plasticidade das argilas utilizadas no presente trabalho, variou de 18 a 29%. As argilas estudadas podem ser consideradas materiais de alta plasticidade (LP > 15%). Analisando os valores do limite de plasticidade (Tabela 6), verificou-se que a plasticidade das argilas não variou significativamente, sendo a argila 5 a menos plástica, e a argila 2 a mais plástica. Assim, pode-se inferir que a diferença

de plasticidade deve está provavelmente associada a alguma diferença mineralógica ou no teor de matéria orgânica.

O limite de liquidez (LL) variou de 43 a 60%, enquanto o índice de plasticidade situou-se entre 21 e 36%. Limites de liquidez (LL) superiores a 50%, indicam que estas argilas apresentam uma alta compressibilidade, tornando a massa mais densa durante a extrusão, exceção feita à amostra 5, que apresentou limite de liquidez de 43%.

Caracterização dos blocos cerâmicos

Para uma melhor visualização da influência do tipo de argila nos blocos cerâmicos, a Figura 1 apresenta os resultados de resistência mecânica dos blocos testados.

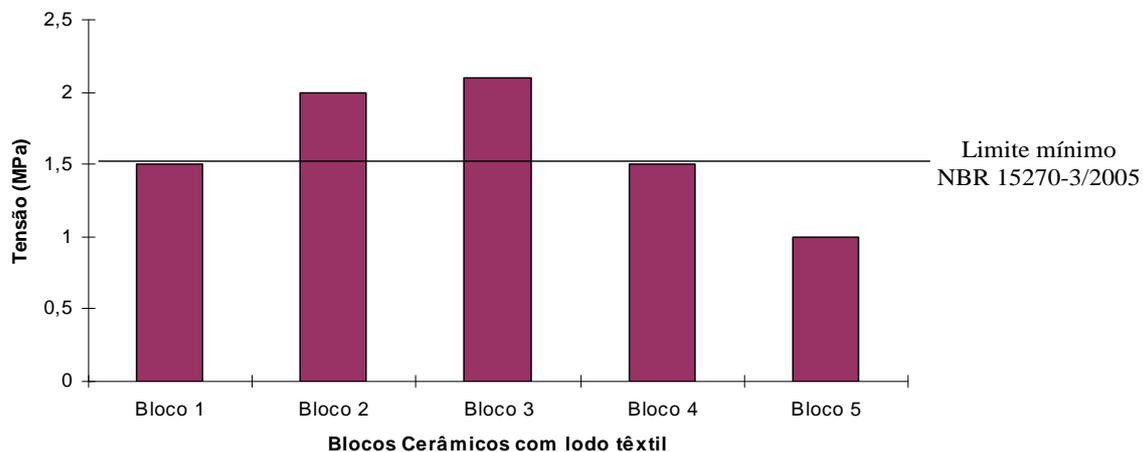


Figura 1. Resistência a compressão em amostras dos blocos cerâmicos.

Verificou-se que a resistência mecânica dos blocos cerâmicos produzidos, para o teor de 15% de incorporação de lodo têxtil, atendeu aos limites mínimos especificados pela norma, com exceção dos blocos da amostra 5.

Areia em excesso reduz a plasticidade da massa cerâmica, reduzindo também a resistência mecânica dos blocos após a queima. O bloco 5 não alcançou o limite mínimo para a resistência mecânica por razão do excesso da fração areia em sua composição (32% de areia fina e 5% de areia grossa), observado na Tabela 5 de análise granulométrica.

A matéria orgânica (41% do lodo têxtil e 7,71% da argila, dados das Tabelas 1 e 4, respectivamente) verificada nos blocos da amostra 5 ocasionou o aumento da

porosidade (formação de poros na estrutura dos blocos), reduzindo substancialmente a resistência do bloco.

Os blocos fabricados com a argila 3 continham principalmente partículas da fração argila e silte, preponderantes para formação de rigidez durante a queima em forno, o que ocasionou aumento da resistência do bloco no ensaio mecânico.

O objetivo da determinação do índice de absorção de água é a verificação da porcentagem de água absorvida no período de 24 horas, à temperatura ambiente, isto é, quanto maior a quantidade de água absorvida, maior a porosidade existente na massa cerâmica.

Na Figura 2, tem-se uma melhor visualização do processo de absorção de água, obtido em blocos cerâmicos.

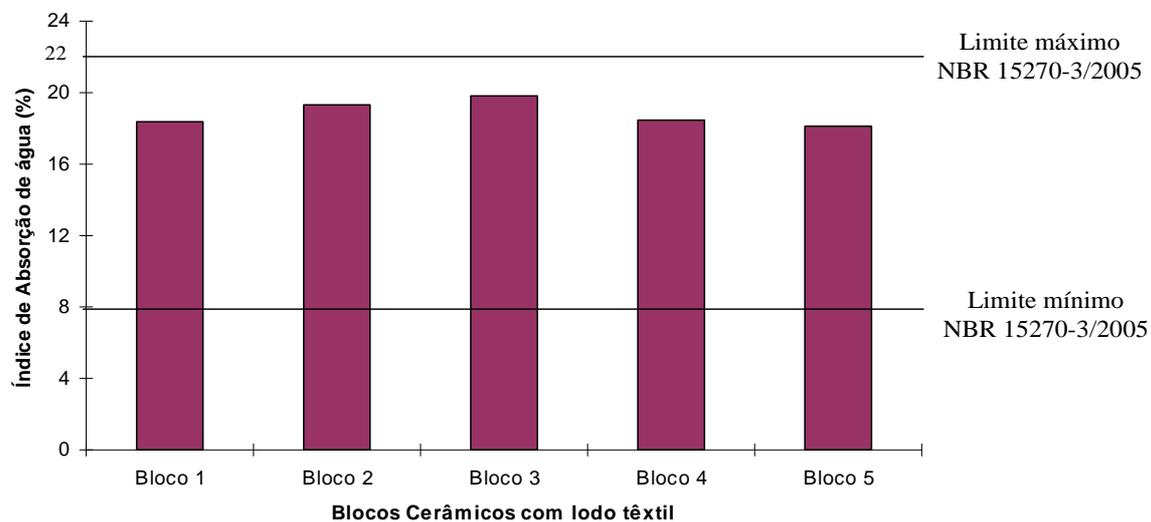


Figura 2. Índice de absorção de água em amostras dos blocos cerâmicos.

Verificou-se que todos os blocos atenderam as especificações da norma NBR 15270-3/2005 da ABNT.

Os blocos fabricados com a argila 3 apresentaram maior valor de absorção de água, em virtude da maior área superficial que as partículas de argila ocupam no bloco juntamente com a quantidade de poros, decorrente da volatilização da matéria orgânica durante o processo de queima dos blocos cerâmicos.

As Tabelas 7 e 8 referem-se às análises dos extratos lixiviados e solubilizados, segundo a NBR 10005/2004 e NBR 10006/2004, dos blocos cerâmicos, preparados com 15% de lodo têxtil.

Tabela 7 - Concentração de metais do extrato lixiviado dos blocos cerâmicos

METAIS	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bloco 5	Lim. Máx. (mg/L)
Arsênio	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	1,0
Bário	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	70,0
Cádmio	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,5
Chumbo	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	1,0
Cromo	$1,18.10^{-3}$	$2,62.10^{-3}$	$3,13.10^{-3}$	$1,41.10^{-3}$	$2,27.10^{-3}$	5,0
Mercúrio	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,1
Prata	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	5,0
Selênio	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	5,0

n.d: valor não detectado pelo aparelho.

Tabela 8 - Concentração de metais do extrato solubilizado dos blocos cerâmicos

METAIS	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bloco 5	Lim. Máx. (mg/L)
Alumínio	$9,9.10^{-4}$	$1,24.10^{-3}$	$1,48.10^{-3}$	$9,9.10^{-4}$	$1,50.10^{-3}$	0,2
Arsênio	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,01
Bário	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,7
Cádmio	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,005
Chumbo	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,01
Cobre	$2,2.10^{-3}$	$1,2.10^{-3}$	$3,2.10^{-3}$	$1,6.10^{-3}$	$3,5.10^{-3}$	2,0
Cromo	$1,25.10^{-3}$	$6,82.10^{-3}$	$9,57.10^{-3}$	$2,11.10^{-3}$	$3,79.10^{-3}$	0,05
Ferro	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,3
Manganês	$1,83.10^{-3}$	$2,05.10^{-3}$	$2,39.10^{-3}$	$8,78.10^{-3}$	$2,53.10^{-3}$	0,1
Mercúrio	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,001
Prata	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,05
Sódio	7,064	7,012	6,956	7,099	7,121	200,0
Zinco	$1,3.10^{-3}$	$1,5.10^{-3}$	$2,0.10^{-3}$	$1,7.10^{-3}$	$2,0.10^{-3}$	5,0
Selênio	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,01

n.d: valor não detectado pelo aparelho.

Os testes de análise química mostraram que as concentrações dos metais estão abaixo dos limites estabelecidos na norma NBR 10004/2004 da ABNT.

Esses resultados demonstraram que os elementos químicos contidos no lodo têxtil, foram incorporados na massa cerâmica e permanecerão imobilizados no bloco, sem haver prejuízos ou riscos de futura contaminação do solo durante a sua vida útil.

CONCLUSÕES

A determinação do tipo e das características das diferentes argilas permitiu avaliar o comportamento do bloco cerâmico incorporado com lodo têxtil.

O processo de Solidificação/Estabilização mostrou-se como uma alternativa eficaz de disposição do resíduo, reduzindo o impacto causado pelo resíduo caso fosse disposto no solo sem tratamento prévio. Para o caso de Maringá, isto se torna uma boa alternativa uma vez que não há aterros industriais na região.

Os metais encontrados no resíduo permanecem encapsulados na matriz cerâmica, possibilitando o uso desses blocos como material de construção, sem que haja riscos de contaminação em seu período de utilização.

REFERÊNCIAS

APHA. Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, Método 4500-H⁺ B, 21^a ed. Washington, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459:1984. *Solo - Determinação do limite de liquidez*. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180:1984. *Solo - Determinação do limite de plasticidade*. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181:1984. *Solo - Análise granulométrica*. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004:2004. *Resíduos Sólidos*. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10005:2004. *Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos*. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10006:2004. *Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos*. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007:2004. *Amostragem de resíduos sólidos*. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-3:2005. *Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio*. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Rio de Janeiro.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Serviço nacional de levantamento e conservação de solos*. Manual de métodos de análise de solos. Ed.SNLCS, Rio de Janeiro, 1979.

KIEHL. E.J. *Manual de Edafologia: Relação solo-planta*. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo, 262p, 1979.

MINEROPAR – Minerais do Paraná S/A. Indústria da Cerâmica Vermelha. Disponível em: <www.mineropar.pr.gov.br> Acesso em: 12 de Abril de 2009.

MOREIRA, A. H.; OLIVEIRA, R. M.; LIMA, P. D. S. *Efeito da adição do lodo de águas residuais da indústria têxtil nas propriedades de materiais de construção*. Revista Cerâmica, São Paulo, v. 47, n. 303, 2001.

SANTOS, P. S. *Ciência e tecnologia das argilas*. V.1, 2ª ed., Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1989.

THOMAS, G.W. *Soil pH and Soil Acidity*. In: *Methods of Soil Analysis*. Part 3. Chemical Methods, Soil Science Society of America, Book Series n.5, pp.475-490, 1996.

DETERMINATION THE QUALITY OF CERAMIC BLOCKS INCORPORATED WITH TEXTILE RESIDUE

ABSTRACT

It was evaluated the incorporation of textile mud in 5 types of clays which were collected in northern Paraná, and was done a qualitative analysis of ceramic blocks with 15% of textile residue in its composition in terms of its characteristics, set in the standards of Brazilian Association of Technical Standards (ABNT). The residue was used from 12 textile industries of Maringá-PR. Initially was done a characterization of mud and clays. The process of Solidification/Stabilization was used in the manufacture of ceramic blocks for sealing. The ceramic blocks were manufactured in small scale and tested for resistance to compression, leaching, solubilization and water absorption, according to their standards. It was observed under conditions studied that the blocks presented no leaching or solubilization. Therefore, the manufacture of ceramic blocks has been able to effectively immobilize the metals present in textile residue, showing itself as a promising process to minimize environmental impact.

Key-words: mud, clay, ceramic block, Solidification/Stabilization.