

PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO EM ESCALA INDUSTRIAL DE BLOCOS CERÂMICOS CONTENDO 2,5% DE LODO DE FOSFATIZAÇÃO

Daiandra Maria Brocker¹ (maria_brocker@hotmail.com), Feliciane Andrade Brehm¹ (feliciane@unisinis.br), Marlova Piva Kulakowski¹ (marlovak@unisinis.br), Carlos Alberto Mendes Moraes¹ (cmoraes@unisinis.br)

1 UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS

RESUMO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 10.305/2010 preconiza a reciclagem dos resíduos sólidos, sendo a destinação final em aterros, a última alternativa a ser adotada. Desta forma, pesquisas têm sido desenvolvidas a fim de incorporar resíduos industriais, em novos produtos, principalmente no setor de construção civil, devido a grande demanda de matéria prima e a exploração de recursos naturais não renováveis relacionados. O lodo de fosfatização (LF) é um resíduo sólido industrial resultante do tratamento de efluentes gerados no processo de revestimento do aço por fosfatização. O resíduo é classificado pela ABNT NBR 10004:2004, como Classe II A – Não Inerte. O objetivo do estudo foi produzir e avaliar blocos cerâmicos contendo 2,5% de lodo de fosfatização, em escala industrial. Nos ensaios de caracterização ambiental, pôde-se verificar que os resultados de lixiviação e solubilização classificaram as amostras dos blocos com (Bioblock) e sem adição (Referência) de LF como Resíduo Classe IIA-Não Inerte, segundo a ABNT NBR 10.004:2004. Nos ensaios de caracterização geométrica, absorção de água e absorção de água inicial, os corpos de prova, com e sem adição de lodo, apresentaram resultados conforme as prescrições da ABNT NBR 15270-1:2005. Nos ensaios de resistência mecânica os valores obtidos dos blocos com adição de lodo, apresentaram resultados superiores quando comparados aos de referência. No entanto, ambos não atingiram os valores estabelecidos pela norma, o que evidencia a necessidade de ajuste no processo produtivo da indústria cerâmica.

Palavras-chave: Lodo de Fosfatização (LF); Bioblock; Reciclagem.

PRODUCTION AND EVALUATION IN INDUSTRIAL SCALE OF CERAMIC BRICKS CONTAINING 2.5% OF PHOSPHORIZING SLUDGE

ABSTRACT

The National Solid Waste Policy (PNRS), Law Nº. 10.305/2010 recommends the recycling of solid waste, the final destination being landfills, the last alternative to be adopted. In this way, research has been developed to incorporate industrial waste into new products, mainly in the civil construction sector, due to the great demand for raw materials and the exploitation of related non-renewable natural resources. Phosphating sludge (PS) is an industrial solid waste resulting from the treatment of effluents generated in the steel coating process by phosphatization. The waste is classified by ABNT NBR 10004: 2004 as Class II A - Not Inert. The objective of the study was to produce and evaluate ceramic bricks containing 2.5% of phosphate sludge on an industrial scale. In the environmental characterization tests, it was verified that the results of leaching and solubilization classified the blocks samples with (Bioblock) and without addition (Reference) of PS as Waste Class IIA-Non-Inert, according to ABNT NBR 10.004: 2004. In the tests of geometric characterization, water absorption and initial water absorption, the test specimens, with and without addition of sludge, presented results in accordance with the requirements of ABNT NBR 15270-1: 2005. In the mechanical strength tests the values obtained from the blocks with addition of sludge presented superior results when compared to the reference ones. However, both did not reach the values established by the norm, which shows the need for adjustment in the production process of the ceramic industry.

Keywords: Phosphatization sludge; Recycling, Bioblock.

1. INTRODUÇÃO

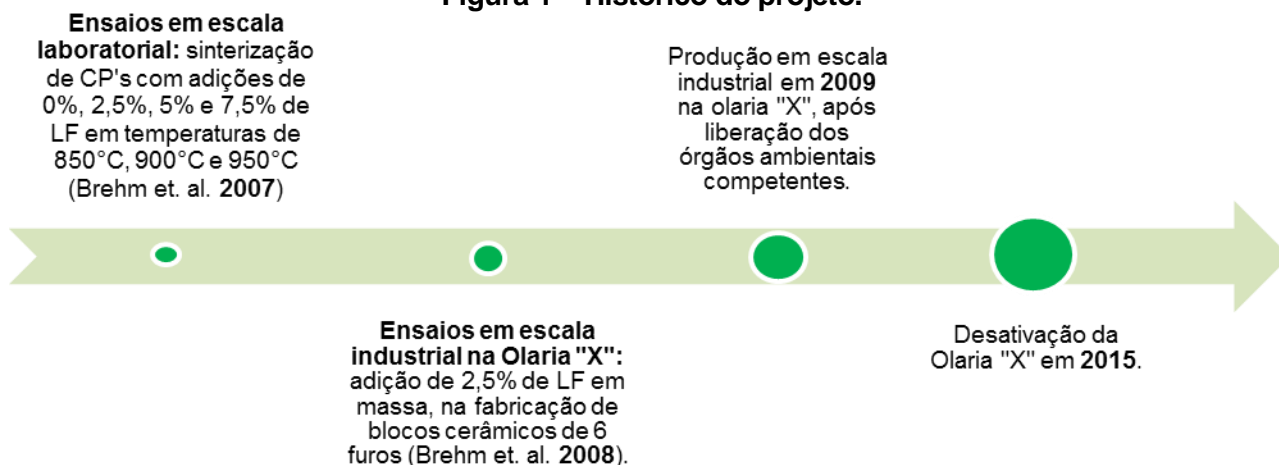
A incorporação de resíduos industriais em matrizes cerâmicas tem sido estudada por vários autores no intuito de viabilizar diferentes alternativas para a destinação de resíduos sólidos muitas vezes classificados como perigosos pela ABNT NBR 10004:2005. Teloeken et al. (2011); Villarejo et al. (2015); Cusidó e Cremades (2012); Sukharnikova et al. (2016); Kulakowski et al. (2015); BREHM et al. (2013), avaliaram o uso de resíduos sólidos industriais em cerâmica vermelha.

O lodo de fosfatização (LF) é um resíduo sólido de classe II A – Não Inerte (ABNT NBR 10004:2004, proveniente do tratamento de efluentes gerados no processo de revestimento do aço por fosfatização da indústria metalmeccânica. Este resíduo é atualmente destinado para aterro industrial próprio (ARIP) da empresa geradora (BREHM et al., 2008). Porém a reciclagem deste resíduo deve ser considerada, uma vez que gera impactos ambientais negativos através da ocupação em ARIP e risco de contaminação do solo e da água. Além disto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei 12.305/2010 estabelece que é instrumento desta lei, o desenvolvimento de pesquisas de novos produtos, processos e métodos visando a reciclagem dos resíduos sólidos, sendo a destinação final em aterros industriais, a última alternativa a ser adotada (BRASIL, 2010).

Ambientalmente é possível empregar o LF em materiais de construção civil, já que a caracterização ambiental do resíduo de concreto e do material cerâmico com e sem a adição de LF, classifica-os como resíduo sólido de Classe II A – não inerte, devido aos teores de Fe solubilizados nas amostras (BREHM. et al., 2013).

Este estudo é uma continuidade de um projeto com o intuito de viabilizar a reciclagem do LF em matrizes cerâmicas em escala industrial. Em 2009, iniciou-se a produção de blocos cerâmicos de 6 furos contendo 2,5% de LF. Kulakowski et al. (2015) avaliaram o monitoramento desta produção industrial durante 5 anos e constataram que a produção dos blocos apresentou um comportamento técnico que atendem as exigências da ABNT NBR15270-1:2005. Nos extratos solubilizados, os teores de ferro, alumínio e fluoreto, em alguns anos, ficaram acima dos valores permitidos pela ABNT NBR 10004:2004, porém não são suficientemente elevados para causar danos ao meio ambiente. Para melhor compreensão do projeto desde o início, a Figura 1 apresenta o histórico do projeto.

Figura 1 – Histórico do projeto.



Conforme evidencia a Figura 1, a Olaria “X” foi desativada em 2015. Diante disto, buscou-se uma nova olaria para a incorporação do LF, que atenda aos requisitos estabelecidos em normas.

2. OBJETIVO

Produzir e avaliar blocos cerâmicos contendo 2,5% de lodo de fosfatização, em escala industrial.

3. METODOLOGIA

Para a produção dos blocos cerâmicos de vedação de 6 furos, com e sem adição de resíduo, na indústria cerâmica do estudo, o LF foi submetido à secagem em estufa a 105°C, após, um processo de moagem em moinho de rolos e peneiramento em peneira de abertura de malha de 4,75mm. A moldagem dos blocos foi realizada através da adição manual do resíduo na esteira, em direção a maromba (extrusora).

Foram realizados ensaios de caracterização geométrica, absorção de água inicial, absorção de água, resistência mecânica (ABNT NBR 15270-3:2005). A caracterização ambiental foi realizada através de ensaio de lixiviação (ABNT NBR 10005:2004) e de solubilização (ABNT NBR 10006:2004). Os ensaios de resistência mecânica foram realizados em 6 lotes de blocos cerâmicos. Já os ensaios de caracterização geométrica, absorção de água inicial e absorção de água foram realizados em 4 lotes. Os lotes 1 e 2 são os blocos com adição de LF (Bioblock) e os lotes 3 a 6 são os blocos sem adição de LF (Referência). Para os ensaios realizados, cada lote incluiu a amostragem de 13 corpos de prova.

4. RESULTADOS

Apresenta-se os resultados obtidos nos ensaios de caracterização geométrica, absorção de água, absorção de água inicial, resistência mecânica e caracterização ambiental.

4.1 Caracterização geométrica

A caracterização geométrica dos blocos com e sem adição de lodo, tem a finalidade de avaliar a qualidade dos corpos de prova. Nas tabelas 1 e 2, os resultados são apresentados.

Tabela 01 – Caracterização Geométrica dos blocos Bioblock.

	Corpo de Prova	Dimensões (mm)			Espessura Externa (mm)	Espessura Interna (mm)	Desvio em relação ao esquadro (mm)	Planeza das faces (mm)
		c	l	h				
Lote 01	1	236	90	140	9,21	7,38	0,5	1
	2	243	90	142	8,45	6,78	0,5	2
	3	241	90	141	8,18	6,52	0,5	2
	4	245	93	144	8,93	7,56	0,5	1,5
	5	240	91	143	8,42	6,40	0,5	2
	6	236	93	142	7,75	9,25	0,5	2
	7	239	93	141	9,85	7,97	0,5	1,5
	8	239	90	141	9,18	7,92	0	0,5
	9	240	90	142	8,58	8,09	1	1,5
	10	241	91	142	10,11	8,90	0,5	1,5
	11	244	93	142	10,13	8,49	0,5	2
	12	241	92	140	10,40	7,66	0,5	1
	13	239	91	141	8,61	7,99	0,5	2
Lote 02	14	243	92	142	9,74	7,30	0	1
	15	242	92	142	9,94	7,58	0,5	1
	16	240	92	142	9,03	8,11	0	1,5
	17	237	90	142	9,11	8,20	0,5	1
	18	241	92	141	9,50	6,86	1	2
	19	244	91	142	8,27	6,84	1,5	2
	20	237	90	141	8,01	7,04	0,5	1,5
	21	242	92	141	9,33	8,10	0	2

	22	242	92	142	9,82	7,93	0,5	1
	23	240	91	142	9,60	7,60	0,5	1
	24	239	92	142	9,44	7,28	0	2
	25	239	91	143	9,62	6,88	0,5	1
	26	235	91	141	9,80	7,00	0	2
	MÉDIA	240	91	142	9,2	7,6	0,46	1,52

Tabela 02 – Caracterização geométrica dos blocos Referência.

	Corpo de Prova	Dimensões			Espessura Externa (mm)	Espessura Interna (mm)	Desvio em relação ao esquadro (mm)	Planeza das faces (mm)
		(mm)						
		c	l	h				
Lote 06	1	240	90	139	7,69	7,79	1,00	1,00
	2	240	90	139	8,82	7,67	1,50	1,00
	3	243	90	141	7,50	7,31	1,50	2,00
	4	241	91	141	8,47	6,81	1,00	0,50
	5	239	90	139	8,08	6,80	2,00	1,50
	6	240	90	139	8,34	7,77	2,00	1,00
	7	239	90	140	7,56	7,31	1,00	0,50
	8	240	90	140	8,52	7,62	2,00	0,00
	9	240	90	140	9,02	6,80	2,00	1,50
	10	240	90	140	8,22	7,68	1,00	1,50
	11	239	90	140	8,00	6,84	0,50	2,00
	12	240	90	139	7,91	7,70	2,00	2,00
	13	239	90	140	8,51	6,82	1,00	2,00
Lote 03	27	240	92	142	10,2	8,17	0,50	0,50
	28	236	92	141	9,08	6,69	1,00	1,00
	29	239	90	141	9,28	8,22	0,50	1,00
	30	237	92	141	9,99	7,38	1,00	1,50
	31	237	91	142	8,89	7,12	0,50	1,00
	32	236	90	141	9,81	8,29	0,50	1,00
	33	241	93	141	10,65	8,09	1,00	0,90
	34	243	92	142	10,05	7,92	1,00	1,00
	35	238	90	141	10,76	7,15	1,00	0,00
	36	242	92	143	8,27	6,23	0,50	1,00
	37	240	91	141	10,18	8,05	0,00	0,50
	38	239	90	142	9,15	6,52	0,50	0,50
	39	242	90	142	9,33	6,97	0,50	1,00
	MÉDIA	240	91	141	8,93	7,37	1,04	1,05

Analisando-se os resultados das tabelas 1 e 2 e comparando com os requisitos da ABNT NBR 15270-1:2005, é possível verificar que: tanto as medidas individuais, quanto a média das grandezas dos blocos com e sem adição de LF, não ultrapassaram a variação estabelecida; a espessura interna e externa das paredes dos blocos com e sem adição de LF mostram que todos atingiram os parâmetros; o valor máximo de desvio em relação ao esquadro e valor máximo para a planeza das faces, ficaram abaixo dos valores estabelecidos. Portanto, pode-se afirmar que os blocos cerâmicos moldados com 2,5% de LF foram aprovados para utilização no parâmetro caracterização geométrica.

4.2 Absorção de Água Inicial e Absorção de Água

O ensaio de absorção de água inicial foi realizado para verificar a possibilidade de assentamento dos blocos cerâmicos sem prévio umedecimento. Caso o índice de absorção de água inicial resulte em um valor inferior a 30g/193,55cm²/min, os mesmos não precisam ser previamente umedecidos. Os resultados obtidos para absorção de água inicial (AAI) e absorção de água (AA) dos blocos Bioblock e blocos Referência encontram-se na tabela 3.

Tabela 03 – AAI e AA dos blocos Bioblock e blocos Referência.

Blocos Bioblock				Blocos Referência			
Lote	Corpo de prova	AAI (g)	AA (%)	Lote	Corpo de prova	AAI (g)	AA (%)
Lote 01	1	13,67	13,65	Lote 06	1	15,59	14,0
	2	14,25	14,10		2	16,13	13,6
	3	19,63	12,80		3	12,30	14,6
	4	14,70	14,29		4	12,71	14,7
	5	15,69	14,17		5	16,11	13,5
	6	17,64	14,05		6	14,79	13,9
	7	19,85	13,10		7	16,11	13,8
	8	19,44	13,26		8	15,23	14,4
	9	20,79	13,44		9	14,16	14,3
	10	19,50	13,86		10	16,67	13,1
	11	17,23	14,40		11	15,12	13,7
	12	18,33	13,62		12	15,86	14,0
	Lote 02	13	17,53		12,64	13	15,30
14		18,01	13,71	27	19,64	14,31	
15		15,30	13,76	28	21,22	13,90	
16		16,30	14,17	29	26,99	12,95	
17		15,24	13,67	30	21,30	14,17	
18		17,46	13,94	31	22,26	14,04	
19		16,65	14,09	32	27,43	12,35	
20		19,96	13,28	33	24,18	14,20	
21		17,73	13,40	34	15,93	14,49	
22		15,82	14,17	35	22,05	14,20	
Lote 03	23	18,97	13,18	36	21,30	14,48	
	24	16,37	14,06	37	26,32	13,32	
	25	18,42	13,89	38	22,32	13,34	
	26	18,46	12,05	39	20,00	14,20	
	MÉDIA	17,42	13,64	MÉDIA	18,73	13,89	

Observando a tabela 3, os resultados dos ensaios de AAI, demonstram que os blocos com e sem adição de LF não precisam ser previamente umedecidos conforme a NBR15270-3 (ABNT, 2005). Nos resultados de AA, apresentados na tabela 3, é possível verificar que os blocos Bioblock e blocos Referência atendem a norma NBR 15270-1, pois foram inferiores ao máximo recomendado (22%) e superiores ao mínimo recomendado (8%), pela mesma (ABNT, 2005).

4.4 Resistência mecânica

Os ensaios de resistência mecânica para o Bioblock e para os blocos Referência foram realizados no Laboratório do ITT Performance - Instituto Tecnológico em Desempenho Construção Civil (Prensa 1), sendo que os blocos Referência, foram ainda ensaiados em outros dois laboratórios para confirmação dos resultados obtidos: Laboratório de Ensaios Mecânicos da UNISINOS (Prensa 02) e no Laboratório de Técnicas Construtivas da Feevale (Prensa 03), de acordo com a NBR15270-1 (ABNT, 2005). Os resultados são apresentados a seguir.

Tabela 04 – Resistência mecânica dos blocos Bioblock e blocos Referência.

Corpo de prova	Blocos Bioblock			Blocos Referência		
	Prensa 1	Prensa 1	Prensa 1	Prensa 2	Prensa 3	Prensa 2
	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6
1	1,6	1,2	1,3	0,82	0,82	0,9
2	1,3	1,3	0,8	0,84	0,86	1,4
3	1,3	1,0	0,9	0,82	0,93	0,5
4	1,4	1,3	1,4	0,69	0,87	0,8
5	0,7	1,7	0,9	0,61	0,9	1,2
6	1,5	1,2	1,4	1,06	0,76	0,7
7	1,5	0,8	0,7	0,86	0,71	0,7
8	1,7	1,8	1,1	0,92	0,56	0,8
9	1,2	1,0	0,7	0,64	0,71	0,8
10	1,4	1,4	0,8	1,04	0,89	1,4
11	1,7	1,5	1,8	0,87	0,71	0,8
12	1,7	1,4	1,1	0,63	0,69	1,1
13	1,5	1,3	1,0	1,1	0,86	0,9
Média	1,4	1,3	1,1	0,84	0,79	0,92

De acordo com a norma ABNT NBR 15270-1:2005, os valores mínimos de resistência à compressão atingidos pelos blocos cerâmicos devem ser $\geq 1,5$ MPa. Além disso, a norma determina que para ser aceito, um lote de amostragem simples (composto por 13 corpos-de-prova) deve apresentar no máximo duas unidades não conformes.

Analisando a Tabela 4, é possível notar que os valores obtidos no Bioblock apresentaram resultados superiores quando comparados aos blocos Referência. Entretanto, ambas as médias não atingiram os valores estabelecidos pela norma.

Estes resultados não eram esperados, pois nos ensaios em escala industrial, Brehm et al (2008) obtiveram resultados médios para a adição de 2,5% em massa, na fabricação de blocos de vedação de 6 furos, de 1,8 Mpa para blocos sem adição de LF e de 2,0 Mpa para blocos com adição de LF.

4.5. Caracterização ambiental

Os resultados obtidos para o ensaio de lixiviação nos blocos Bioblock e blocos Referência, demonstram que nenhum dos elementos analisados foram lixiviados acima dos limites permitidos pela norma NBR 10004 (ABNT, 2004). Não sendo caracterizados como resíduos sólidos Classe I – Perigosos.

Nos resultados de solubilização das amostras, a Tabela 5 apresenta os valores encontrados.

Tabela 5 – Ensaio de solubilização das amostras.

Parâmetros	Bloco sem lodo de fosfatização - Referência	Bloco com lodo de fosfatização - Bioblock	Limite de quantificação da técnica	Limite máximo ABNT NBR 10004:2004
Cianeto (mg/L)	<0,025	< 0,025	0,025	0,07
Cloretos (mg/L)	<1,5	<1,5	<1,5	250
Fenol (mg/L)	<0,003	<0,003	<0,003	0,01
Fluoreto (mg/L)	0,275	0,094	0,05	1,5
Nitratos (mg/L)	0,416	0,191	0,191	10
Sulfatos (mg/L)	11,52	146,59	2	250
Surfactantes (mg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	0,5
Alumínio (mg/L)	<0,2	<0,2	0,2	0,2
Arsênio (µg/L)	<1,5	<1,5	1,5	10
Cádmio (mg/L)	<0,002	<0,002	0,002	0,005
Chumbo (mg/L)	<0,008	<0,008	0,008	0,01
Cobre (mg/L)	<0,005	<0,005	0,005	2
Cromo (mg/L)	<0,015	<0,015	0,015	0,05
Ferro (mg/L)	0,413	0,574	0,105	0,3
Manganês (mg/L)	<0,0006	<0,0006	0,0006	0,1
Mercurio (µg/L)	<0,1	<0,1	0,1	1
Prata (mg/L)	<0,015	<0,015	0,015	0,05
Selênio (µg/L)	<2	<2	2	10
Sódio (mg/L)	2,17	2,38	1	200
Zinco (mg/L)	<0,1	<0,1	0,1	5
Bário (mg/L)	0,062	0,031	0,006	0,7

Analisando a Tabela 5, é possível constatar que o ferro solubilizou tanto nas amostras do Bioblock, quanto nas amostras dos blocos Referência. Cabe salientar que o ferro faz parte da composição química da argila, matéria-prima utilizada para a confecção de blocos cerâmicos. Portanto a caracterização ambiental do produto obtido com 2,5% de adição é classificado como Resíduo Sólido Classe IIA – Não Inerte segundo a NBR 10004 (ABNT, 2004). Este resultado não inviabiliza seu uso, pois os blocos referência possuem a mesma classificação.

Brehm et. al. (2008), realizou ensaio de Fluorescência de Raios-X no LF e verificou a presença de ferro, cálcio, enxofre, zinco, magnésio, fósforo e silício. Ao observar esses resultados com os encontrados na Tabela 5 e comparar com o limite máximo permitido pela ABNT NBR 10004:2004, pode-se afirmar que o LF foi encapsulado no bloco cerâmico.

Cabe ainda salientar, que nos resultados de solubilização, o Bioblock também apresentou melhores resultados que nos blocos Referência, pois os valores solubilizados no produto cerâmico com a adição do resíduo foram inferiores.

5. CONCLUSÕES

Nos ensaios de caracterização geométrica, absorção de água inicial e absorção de água, os resultados obtidos para os blocos Bioblock e blocos Referência atenderam ao estabelecido na ABNT NBR 15270-1:2005.

Nos ensaios de caracterização ambiental, verificou-se que tanto os blocos Bioblock quanto os blocos Referência, foram classificados como Resíduo Classe IIA-Não Inerte, segundo a ABNT NBR 10.004:2004 devido aos teores de ferro solubilizados em ambas as amostras.

É possível afirmar que a adição de 2,5% de lodo de fosfatização garantiu uma resistência mecânica superior quando comparado com os blocos referência. No entanto, nenhum dos blocos atingiu os valores mínimos de resistência mecânica, exigidos pela ABNT NBR 15270-1:2005. Devido a estes resultados de resistência mecânica, torna-se indispensável um ajuste no processo produtivo dos blocos cerâmicos na Indústria Cerâmica do estudo.

Portanto, este estudo pôde demonstrar:

- A estabilização e solidificação do LF no bloco cerâmico.
- A eficiência de desempenho físico e mecânico do Bioblock, apresentando resultados melhores que os blocos Referência nos ensaios realizados.
- A importância da incorporação de resíduos em novos produtos, que além de avaliar o seu desempenho, pode inclusive diagnosticar a necessidade de ajustes no processo, garantindo a qualidade do produto final.
- A reciclagem do LF em cerâmica vermelha, considerando os aspectos ambientais, técnicos e econômicos, obedecendo aos princípios da sustentabilidade.

REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 10005**: Procedimento para obtenção do extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 10006**: Procedimento para obtenção do extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 15270-1**: Componentes Cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15270-3**: Componentes Cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 06 abr. 2017.

BREHM, F.A.; BERSCH. R.A.; COLLATTO, D.; MOARES, C.A.M.; KAZMIERCZAK, C.; PAMPANELLI, A.; ROXO, K. RODRIGUES, V.; LIEDKE, E. **Reciclagem de lodo de fosfatização como adição em cerâmica vermelha**. In: Congresso Anual da ABM, 62, Vitória, 2007. Anais do 62º Congresso Anual da ABM, Vitória, 2007. p.2115-2126.

BREHM, F. A.; BERSCH R. A.; COLLATO D.; MORAES, C. A. M.; RODRIGUES, V.; ROXO, K. Produção de Blocos Cerâmicos com Adição de Lodo de Fosfatização como Matéria-Prima – Escala Industrial. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 12, 2008, Fortaleza. **Geração de valor no ambiente construído: inovação e sustentabilidade**, Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2008.

BREHM, F. A.; KULAKOWSKI, M. P.; EVALDT D. C.; MORAES, C. A. M.; PAMPANELLI, A. Análise da estabilização por solidificação de lodo de fosfatização em matrizes de cimento Portland

e de cerâmica vermelha para a utilização na construção civil. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 15-27, 2013.

CUSIDÓ, J. A.; CREMADES, L. V. Environmental effects of using clay bricks produced with sewage sludge: Leachability and toxicity studies. **Waste Management**. Amsterdam, v. 32, p. 1202-1208, 2012.

KULAKOWSKI, M. P.; BREHM, F. A.; MORAES, C. A. M.; PAMPANELLI, A.; RECKZIEGEL, V. Monitoring and evaluation of industrial production of fired-clay masonry bricks with 2,5% of phosphatization sludge. **Key Engineering Materials**. Switzerland, v. 634, p.206-213, 2015.

SUKHARNIKOVA, M. A.; PIKALOV, E. S.; SELIVANOV, O. G.; SYSOEV, É. P.; CHUKHLANOV, V. Y. Development of a batch composition for the production of construction ceramic based on raw material from Vladimir Oblast: Clays and Galvanic Sludge. **Glass and Ceramic**, Russia, v. 73, p. 3-4, 2016.

TELOEKEN, A. C.; VILLANOVA, D.L.; BASEGIO, T.M.; BERGMAN, C. P. Utilização de Lodo Galvânico como Matéria-prima em Cerâmica Vermelha e Caracterização dos Corpos Cerâmicos Obtidos quanto a Propriedades Tecnológicas e a Imobilização de Metais. **Cerâmica Industrial**, v.16, n.2, 2011.

VILLAREJO, L. P.; MARTINÉS, S.; HURTADO, B.C.; QUESADA, D. E.; NIETO, C. U.; SOTO, P. J. S. Valorization and inertization of galvanic sludge waste in clay bricks. **Applied Clay Science**, p.89-99, 2015.