

APLICAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS DE LODO DE PAPEL, CINZA DE MADEIRA E CAL NO DESENVOLVIMENTO DE BLOCOS DE VEDAÇÃO

Andressa Maria Coelho Ferreira, arqferreira@yahoo.com.br¹

Raffaella Leane Zenni Tanure, raffaelat@gmail.com¹

Vsévolod Mymrine¹

Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto, Lucia.demec@ufpr.br¹

¹Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico – Caixa Postal 19011, CEP 81531-990, Curitiba - Paraná

Resumo: *O grande volume de resíduos gerados pelas indústrias e o alto custo para depositá-los em aterros estimulam pesquisas em busca de soluções mais adequadas para o seu gerenciamento. Nesta pesquisa foi desenvolvida e patenteada uma mistura com os resíduos de: lodo da estação de tratamentos de efluentes de uma fábrica de papéis Tissue, cinza de madeira do processo de queima de caldeiras e cal residual, com o objetivo de desenvolver um bloco de vedação. Para a avaliação das propriedades mecânicas desta mistura foram elaborados nove (9) compósitos com diferentes proporções de cada resíduo. A quantidade de lodo de papel na composição variou de 40% a 65%, a de cinza de 25% a 40% e a cal entre 10 e 20%. Estas misturas foram homogeneizadas, comprimidas, e deixadas para secar ao ar livre. A força uniaxial de resistência a compressão das amostras, após três dias de cura variou entre 4,77 e 7,60 Mpa; aos 7 dias de cura entre 7,61 e 11,34 Mpa; e aos 14 dias chegou a 9,87 e 14,29 Mpa. A utilização de resíduos industriais de lodo de papel, cinza de madeira e cal como matérias-primas para o desenvolvimento de novos produtos na área da construção civil vem se difundindo por reduzir o volume de resíduos dispostos em aterros e resultar em materiais baseados em modelos mais sustentáveis de produção.*

Palavras-chave: *Resíduos industriais, sustentabilidade, construção civil*

1. INTRODUÇÃO

O destino final dos rejeitos industriais é hoje um problema a ser enfrentado em curto prazo por parte das empresas. Estas, numa primeira etapa investiram em insumos de produção, dando prioridade para o processo produtivo sem considerar as perdas. Portanto, ainda não parece importante para o empresário o ciclo reverso deste lixo. Pode-se pensar que sua responsabilidade termina quando o material sai de sua empresa (FELLEMBERG, 1980).

A indústria deve estar inteirada sobre as questões ambientais, verificando o quanto seu processo produtivo impacta o meio ambiente, positiva ou negativamente, além de verificar o quanto é desperdiçado neste processo. É necessário que o uso da matéria-prima seja controlado, buscando um melhor aproveitamento, e que durante o processo o desperdício seja menor, gerando menos resíduos a fim de minimizar os impactos ambientais (LIMA et. al., 2005).

Este processo será eficiente, a partir de um sistema de gestão ambiental que identifique meios e procedimentos formais para que todo o ciclo de vida do produto esteja em conformidade com o ambiente sustentável (BUTTER, 2003).

A sustentabilidade requer o uso mais eficiente dos recursos naturais, menor geração de resíduos, fontes alternativas de energia, mudanças dos hábitos de consumo, reutilização e reciclagem de produtos (MANZINI & VEZZOLI, 2002).

O processo de fabricação de papéis tissue gera um resíduo denominado lodo da estação de tratamento de efluentes (ETE) que é, geralmente, depositado em aterros. Porém, vêm se buscando alternativas de usos mais nobres para esse resíduo, com o intuito de evitar ou reduzir passivos ambientais (FAILLACE, 1996).

O desenvolvimento de compósitos com potencial aplicação em diferentes tipos de componentes é de grande interesse para o setor industrial e para a sociedade. Do ponto de vista tecnológico e social, resulta em novos materiais baseados em modelos mais sustentáveis e com menor custo de produção e, sob a ótica ambiental contribui com a redução do volume disposto em aterros, diminuindo os riscos de contaminação do solo e degradação da paisagem urbana (HOFFMAN, 2000).

As vantagens no uso dos resíduos do lodo da ETE das indústrias de papel em materiais de construção são objeto de pesquisas de diversos pesquisadores. Nolasco (1993) aponta a economia de água, pois este resíduo é naturalmente úmido. Soroushian et. al. (1995) e Sarigaphuti et. al. (1993) afirmam que a presença de fibras celulósicas tende a diminuir as micro-fissuras características em materiais cimentícios.

Thomas et. al. (1987), desenvolveram um compósito com o lodo da ETE de uma indústria de papel reciclado visando o uso na construção civil como blocos ou painéis. Eires et. al. (2005) utilizaram este mesmo resíduo como agregado junto a fibra de celulose e em testes de compressão em seu compósito, denominado de “hemprete”, atingiu 8 MPa de resistência aos 28 dias .

Nolasco (1997) testou diferentes traços, entre 10% a 30% de resíduo de lodo de ETE de papel na produção de componentes cerâmicos para vedação, como blocos e tijolos. Os resultados mostraram a viabilidade econômica e técnica na utilização deste resíduo, devido aos ganhos de resistência a impactos, coesão e trabalhabilidade; e, economia de água, argila e energia elétrica na produção.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um bloco de vedação, utilizando os resíduos industriais - lodo de papel, cinza de madeira e resíduo da produção da cal - em consonância com as características físico-químicas dos materiais estudados, aplicando o conceito de design sustentável.

2. MÉTODO

O método utilizado busca orientar as atividades de pesquisa e desenvolvimento de utilização de resíduos industriais no desenvolvimento de produtos e compreende as seguintes etapas:

2.1. Identificação e Quantificação dos Resíduos

A primeira etapa junto ao setor industrial foi a determinação dos dados quantitativos dos resíduos, como a quantidade gerada e os locais de produção, pois é de grande importância para a sua localização dentro do cenário econômico, social e político. Além da quantidade gerada é também importante neste estágio detectar eventual sazonalidade e volume existente em estoque.

- 1) LODO DE PAPEL: resíduo do lodo da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). Possui teor de 55,4 % de CO₂, Óxido de Cálcio não hidratado (CaO), dióxido de silício (SiO₂) e traços de Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO. É classificado pela norma NBR 10004 (ABNT, 2004) como classe II-A não inerte. A empresa desta pesquisa gera 16 toneladas/dia deste resíduo, sua produção ocorre durante todo o ano;
- 2) CINZA DE MADEIRA: proveniente dos processos de queima de caldeiras. Seu teor de CO₂ é de 3,1% e é composto de óxidos de cálcio (CaO), de silício (SiO₂), de ferro (Fe₂O₃) e de alumínio (Al₂O₃). O Paraná gera aproximadamente 500 m³/dia destas cinzas durante o ano todo;
- 3) CAL RESIDUAL: o resíduo da cal utilizada nesta pesquisa apresentou um teor de 17,3 % de CO₂, caracterizando-se como sendo de baixa reatividade, sua produção é de aproximadamente 10 ton/mês durante todo o ano. A cal residual aqui empregada é constituída de óxido de cálcio não hidratado (CaO), óxido de magnésio não hidratado (MgO) e traços de óxidos Al₂O₃, SiO₂, Fe₂O₃. Na sua composição mineralógica possui Óxido de Cálcio – CaO; Periclase – MgO; Portlandite - Ca(OH)₂; Calcite Ca(CO)₃; Quartz – SiO₂; Dolomite- (Ca,Mg)CO₃.

2.2. Caracterização dos Resíduos

A compreensão do processo que leva a geração do resíduo fornece informações imprescindíveis à concepção de uma estratégia de reciclagem com viabilidade no mercado. É fundamental um levantamento sobre as características físico-químicas e as propriedades mecânicas dos resíduos, e também, se já existem resultados de ensaios realizados com o material. Tais informações darão subsídio para a seleção das possíveis aplicações dos resíduos.

- 1) LODO DE PAPEL: material com grande quantidade de orgânicos e com alto teor de umidade, em torno de 60%;
- 2) CINZA DE MADEIRA: proveniente dos processos de queima de caldeiras, material inorgânico e poroso que ajuda a absorver a umidade encontrada no resíduo de lodo de papel;
- 3) CAL RESIDUAL: ligante, trabalha melhor com material inorgânico (cinza de madeira).

2.3. Desenvolvimento dos Compósitos

Para verificar as aplicações tecnicamente viáveis no aproveitamento destes resíduos, de acordo com suas características físico-químicas e mecânicas, foram elaborados nove (9) compósitos com diferentes porcentagens de lodo de papel, cinza de madeira e cal, de acordo com a tabela 1.

Tabela 1: Porcentagem dos resíduos de lodo da ETE, cinza de madeira e cal para cada composto desenvolvido.

Nº	COMPOSIÇÕES (%)		
	LODO	CINZA	CAL
1	55	35	10
2	60	30	
3	65	25	
4	48	40	12
5	53	35	
6	58	30	
7	50	30	20
8	45	40	15
9	40	40	20

Os três resíduos utilizados neste trabalho foram homogeneizados conforme porcentagens estabelecidas na tabela 1 e moldados em formas cilíndricas de 20 mm de diâmetro e altura, com força de 0,4 MPA, figuras 1e 2. Este procedimento seguiu a recomendação da norma NBR – 5738 (ABNT, 2003).



Figuras 1e 2. Moldagem e prensagem das misturas conforme NBR-5738/03.

Para cada composição foram elaborados 5 corpos de prova, e estes, deixados para secar a temperatura ambiente, ou seja, sem controlar a temperatura ou a umidade do local.

Após sofrerem um processo de cura a temperatura ambiente para 1, 3, 7 e 14 dias os moldes foram submetidos a ensaios de compressão simples em Mpa, figura 3, conforme recomendação da norma NBR- 5739 (ABNT, 1994).



Figura 3. Ensaios de compressão simples em Mpa dos corpos de provas conforme NBR-5738/03.

Para comparar os resultados de compressão encontrados nos compósitos elaborados nesta pesquisa, denominados de “tijolo de papel”, foi necessário cortar os blocos de vedação de solo-cimento, comercializados no mercado nacional, com o mesmo diâmetro e altura dos moldados, como podemos visualizar na figura 4.



Figura 4. Corpos de prova do bloco de vedação desta pesquisa e blocos de vedação de solo-cimento.

Após esta moldagem realizamos os ensaios de compressão com os corpos de prova de solo-cimento da mesma forma como foi realizado nos nove compósitos desta pesquisa. Os resultados podem ser analisados na tabela 2.

Tabela 2: Resultados das resistências aos ensaios de compressão do bloco de solo-cimento.

CORPOS DE PROVA	VALOR INDIVIDUAL (MPA)	MÉDIA (MPA)
1	1,80	1,68
2	1,94	
3	1,56	
4	1,69	
5	1,43	

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 3 apresenta os resultados de resistência à compressão, em idades baixas - 1, 3, 7 e 14 dias, de cada compósito, com diferentes proporções de lodo de papel, cinza de madeira e cal.

Tabela 3: Resultados das resistências aos ensaios de compressão nas idades baixas dos compósitos desenvolvidos.

Nº	COMPOSIÇÕES (%)			RESISTÊNCIA (Mpa) APÓS...DIAS			
	LODO	CINZA	CAL	1	3	7	14
1	55	35	10	4,23	7,09	11,34	13,39
2	60	30		4,84	5,82	9,80	14,05
3	65	25		4,71	7,02	10,44	14,29
4	48	40	12	3,52	5,16	8,00	10,04
5	53	35		3,32	4,77	7,61	10,45
6	58	30		4,25	6,26	8,56	12,44
7	50	30	20	3,25	5,21	8,83	9,87
8	45	40	15	3,86	7,60	11,30	12,83
9	40	40	20	2,59	7,44	10,10	11,63

Quando comparados com a norma brasileira NBR-10834 (ABNT, 1994) que estabelece um valor mínimo de 2,0 Mpa para tijolos de solo-cimento todos os compósito avaliados possuem valores acima dos recomendados, conforme tabela 2, em apenas 1 dia de cura.

Analisando a tabela 3, podemos verificar que, de uma maneira geral, o compósito 3, que possui a maior quantidade de lodo de papel (65%) e a menor quantidade de cal (10%), é o que possui os melhores valores de resistência a compressão.

A utilização das porcentagens de lodo de papel, cinza de madeira e cal do compósito 3 no desenvolvimento do novo produto para a construção civil, o “tijolo de papel”, é o que permite o máximo aproveitamento do resíduo de lodo de papel e o menor uso da cal na sua produção.

Os resultados encontrados permitem a substituição de materiais naturais como matérias-primas de produção de tijolos por lodo de produção de papel, cinza de madeira e resíduo da cal, diminuindo os riscos ambientais causados pela disposição destes resíduos em aterros.

Segundo Andrade (1991), a produção de tijolos cerâmicos vem se tornando cada vez mais caros, devido ao constante aumento dos combustíveis utilizados no seu processo de queima, o que reforça o interesse pelo estudo de materiais alternativos.

A utilização dos tijolos feitos a partir dos resíduos de lodo de papel, cinza de madeira e cal, além de evitar o processo de queima utilizado nos tijolos cerâmicos ainda minimiza os impactos ambientais no meio ambiente através da redução da extração de recursos naturais, e a redução do consumo de matérias-primas, se comparada com as tecnologias tradicionais de fabricação de blocos cerâmicos e também, o aumento da vida útil dos aterros existentes, disponibilizando estes apenas para o descarte de resíduos sem condições de reciclagem.

A incorporação destes resíduos em novos processos produtivos estimula a redução de preço nos custos de produção de materiais de construção devido ao reaproveitamento destes resíduos industriais, e proporciona melhoria da qualidade de vida das comunidades devido à redução de resíduos dispostos de maneira inadequada.

Além, da implantação de uma nova matriz econômica do processo de produção de materiais de construção feitas com matéria-prima de resíduos industriais, geração de novos empregos nas novas fábricas de produção e, formação de recursos humanos especializados na utilização de resíduos industriais para a fabricação destes materiais.

4. CONCLUSÃO

Os resultados apresentados mostram que há viabilidade no uso destes resíduos para o desenvolvimento de um novo produto a ser utilizado na construção civil – o “tijolo de papel”.

Também podemos concluir que, com a utilização de resíduos na fabricação de elementos de vedação haverá uma diminuição na extração dos recursos naturais – matérias-primas – convencionalmente utilizados, buscando assim uma opção economicamente mais atrativa, além, de reduzir a quantidade de resíduos depositados em aterros sanitários.

5. REFERÊNCIAS

- Andrade, A. C. F. Tijolos de cinza volante e cal – estudo de desempenho quanto à resistência, absorção, durabilidade e aderência. 1991. 157p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.
- Butter, P. L. Desenvolvimento de um modelo de gerenciamento compartilhado dos resíduos sólidos industriais no sistema de gestão ambiental da empresa. 2003. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- Eires, R; Jalali, S. Not conventional materials for a sustainable construction: a bio-construction system reinforced with cellulose fibres. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4735/1/eires_cn_2005.pdf>. Acesso em 11 de maio de 2008.
- Faillace, S. Uma leitura da indústria de papel e celulose no Brasil sob a perspectiva da sustentabilidade norte-sul. Projeto Brasil Sustentável e Democrático. Rio de Janeiro, 1996.
- Felleberg, G. Introdução aos problemas da poluição ambiental. São Paulo: EPU – Springer/ed. USP, 1980.
- Hoffman, A. Competitive environmental strategy: a guide to the changing business landscape, Washington DC: Island Press, 2000. 301p.
- Lima, E. G. De; Silva, D. A. da. Resíduos gerados em indústrias de móveis de madeira situadas no pólo moveleiro de Arapongas - Pr. Floresta, Curitiba, PR, v.35, n. 1, jan./abr. 2005.
- Manzini, E; Vezzoli, C. O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: EDUSP, 2002.
- Nolasco, A. M. Utilização de resíduos da indústria de papel na produção de materiais para a construção civil. 1993. 117p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.
- Nolasco, A. M. Aproveitamento do resíduo da indústria de papel na produção de bloco cerâmico. In: WORKSHOP SUL-AMERICANO SOBRE USOS ALTERNATIVOS DE RESÍDUOS DE ORIGEM FLORESTAL E URBANA, 1997, Curitiba. Anais...Curitiba: EMBRAPA/CNPF, 1997, p. 117-120.
- Sarigaphuti, M; Shah, S. P; Vinson, K. D. Shrinkage cracking and durability characteristics of cellulose fiber reinforced concrete ACI. Materials Journal, Detroit, v.90, n.4, p.309-318, 1993.
- Soroushian, P; Marikunte, S; Won, J. Statistical Evaluation of Mechanical and Physical Properties of Cellulose Fiber Reinforced Cement Composites, ACI Materials Journal, Detroit, v.92, n.2, p.172-180, 1995.
- Thomas, C. O; Thomas, R. C; Hover, K. C. Wastepaper fibres in cementitious composites. Journal of Environmental Engineering, New York, v.113, n.1, p.16-31, 1987.

Application of industrial waste paper sludge, wood ash and lime in sealing blocks development

Andressa Maria Coelho Ferreira, arqferreira@yahoo.com.br¹

Raffaella Leane Zenni Tanure, raffaelat@gmail.com¹

Vsévolod Mymrine¹

Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto, Lucia.demec@ufpr.br¹

¹Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico – Caixa Postal 19011, CEP 81531-990, Curitiba - Paraná

Abstract: *The large volume of waste generated by industries and the high cost of putting it in landfills stimulate research in pursuit of most appropriate solutions to their management. In this research was developed and patented a mixture, which is based in slime of effluent treatment station of a Tissue paper factory, wood ash of the burning process boiler and residual lime, with the aim of developing a with the goal of developing a sealing block. For the evaluation of mechanical properties of this mixture were prepared nine (9) composites with different proportions of each residue. The amount of paper sludge in the mixture ranged from 40% to 65%, the ash from 25% to 40% and lime from 10% to 20%. These mixtures were homogenized, compressed and placed for drying outdoors. The force uniaxial compression resistance of the samples after three days of cure ranged between 4.77 and 7.60 Mpa; seven days cure between 7.61 and 11.34 MPA; 14 days reached 9.87 and 14.29 Mpa. The use of industrial waste paper sludge, wood ash and lime as raw materials for the development of new products in the construction area has been disseminated by reducing the volume of waste disposed in landfills and result in materials based on more sustainable patterns of production.*

Keywords: : Industrial waste, sustainability, construction