

ESTUDO DA ADIÇÃO DO RESÍDUO DA ÁGUA DE LAVAGEM DA CANA GERADO PELA INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA NA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS DE CERÂMICA VERMELHA

TIAGO TADEU AMARAL DE OLIVEIRA¹, VICTOR T. A. OLIVEIRA², DARLENE LOPES DO
AMARAL³, ADALBERTO LUIS RODRIGUES DE OLIVEIRA⁴

^{1, 2} Acadêmicos do Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão (UTFPR-CM). tiago_tao@hotmail.com e vitoramaraloliveira@hotmail.com

³ Professora do Curso de Engenharia Ambiental da UTFPR-CM. darlene@onda.com.br

⁴ Professor do Curso de Engenharia Civil da UTFPR-CM. alroengenharia@onda.com.br

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar a incorporação do resíduo gerado na lavagem de cana de uma indústria sucroenergética, na matéria prima de fabricação de tijolos furados de cerâmica vermelha. Uma primeira análise foi realizada com o resíduo a fim de obter sua classificação conforme a norma ABNT NBR10004/04. O resíduo foi caracterizado através da análise de fluorescência de raios-X, difratometria de raios-X, e seu comportamento térmico analisado por termogravimetria e calorimetria exploratória diferencial. As composições foram preparadas nas proporções de 5, 10 e 20 % do resíduo em massa de cerâmica vermelha. Foram produzidos corpos de prova sinterizados na temperatura de 800, 900, e 1000° C. Para cada mistura, foram medidas as propriedades de perda ao fogo, retração térmica linear de queima, retração térmica devido à secagem, absorção de água, cor de queima, massa específica aparente, porosidade, granulometria, resistência à compressão, umidade e a plasticidade. As composições de 5 % apresentaram resultados muito promissores em relação aos requisitos recomendados pela NBR 15270-1 de 2005 da ABNT.

PALAVRAS-CHAVE: Cerâmica vermelha. Tijolos. Propriedades mecânicas.

STUDY OF ADDITION OF WATER RESIDUES OF SUGARCANE LAUNDERING PRODUCED BY A SUCRO-ENERGETIC INDUSTRY IN MANUFACTURING RED CERAMIC BRICKS

ABSTRACT: This paper aims to evaluate the incorporation of residues produced from laundering of sugar cane of a sucro-energetic industry, into raw material in the manufacturing of perforated red ceramic bricks. Firstly, the residue was analyzed in order to get its classification according to the norm ABNT NBR10004/04. The residue was characterized through the analysis of X-rays fluorescence, X-rays diffractometry, as well as its thermal behavior, which was analyzed by thermogravimetry and differential exploratory calorimetry. Compositions were prepared according to the proportions of 5, 10, and 20% of red clay residue. It was produced test specimens synthesized into a temperature of 800, 900, and 1000° C. For each mixture, it was measured the properties of loss into a high temperature, linear thermal retraction of burn, thermal retraction according to its drying, water absorption, burn color, specific mass, porosity, granulometry process, compression resistance, humidity and plasticity. The compositions from 5 % presented prospering results according to the requirements suggested by NBR 15270-1 of 2005 of ABNT (Brazilian Association of Technical Norms).

KEYWORDS: Red clay. Bricks. Mechanical proprieties.

INTRODUÇÃO: O setor sucroenergético é conhecido por gerar grande quantidade de resíduos, por sua dimensão. De acordo com ALCARDE (2007) entre os resíduos e subprodutos que podem ser reaproveitados estão: o bagaço de cana, torta de filtro, vinhaça, cinzas e fuligem e o efluente da lavagem da cana. A lavagem da cana objetiva a retirada da terra incorporada na colheita. Essa impureza mineral é retirada nas usinas nas mesas de recepção para evitar a abrasão em equipamentos e diminuir a terra no caldo da cana visando minimizar o comprometimento da qualidade do açúcar e mel residual. O método convencional de tratamento dos efluentes da lavagem da cana em indústrias sucroenergéticas de pequeno porte é feito em caixas de decantação em que a remoção das partículas sólidas (folhas, toletes de cana, terra, etc) é feita periodicamente com caminhões basculantes e o sobrenadante líquido é encaminhado aos canais de vinhaça. O material sólido gerado é disposto em área pré-determinada, ou na lavoura. Uma alternativa ecologicamente correta para a destinação final do resíduo sólido da lavagem da cana (RSLC), proveniente da indústria sucroenergética, seria a possibilidade do seu aproveitamento como matéria prima na indústria cerâmica. Desta forma, o objetivo geral desta pesquisa é realizar a incorporação do RSLC, na matéria prima de fabricação de tijolos furados de cerâmica vermelha.

MATERIAL E MÉTODOS: O RSLC foi coletado na Usina SABARALCOOL do município de Ivailandia –PR e a amostragem obedeceu á sistemática de coleta descrita na NBR 10.007:2004. A classificação quanto à periculosidade foi analisada conforme normas da ABNT NBR 10004:2004 (Resíduos sólidos- Classificação) pela BIOAGRI AMBIENTAL. O grau de periculosidade foi realizado conforme testes de lixiviação (ABNT NBR 10005:2004) e de solubilização (ABNT NBR 10006:2004). A análise de fluorescência de raio-X (FRX), difração de raio-X (DRX) e as análises térmicas diferencial (ATD) do RSLC foram realizadas no Laboratório de Análises de Minerais e Rochas (LAMIR) do Departamento de Geologia da Unidade Federal do Paraná. Para realização dos ensaios físicos mecânicos foram utilizados além do RSLC, massa argilosa para fabricação de cerâmica vermelha do município de Campo Mourão-PR. Para realização dos ensaios físicos mecânicos foram usados as composições de 5, 10, e 20% de RSLC na massa de argila. Os corpos de prova, nas dimensões de 23 x 93 x 7 mm, foram compactados a uma pressão de 19 MPa, e queimados nas temperaturas de 800 °C, 900 °C, e 1000 °C durante 180 min, a uma taxa de aquecimento de 10 °C/min. Após obtenção dos corpos de prova, foram realizados os ensaios para obtenção de Umidade de Extrusão, Plasticidade – NBR 7180/84 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984b) e NBR 6459/84 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984a), Granulometria, Retração Linear de Secagem, Resistência a Compressão – NBR 15270-3/05, Absorção de água – NBR 15270-3/05, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005b) Retração Linear de Queima, Massa Específica Aparente, Porosidade – NBR 6220/89, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989) Perda ao Fogo e Cor de Queima.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O RSLC não foi classificada como Resíduo Classe I – perigoso por apresentar os valores dos parâmetros analisados no lixiviado (As, Ba, Cd, Pb, Cr, F⁻, Hg, Ag e Se) todos abaixo dos máximos (VM) estabelecidos pela NBR 10004/04. Pode-se verificar que o resultado do solubilizado para o parâmetro fenol e manganês ultrapassam os VMs. Em função dos resultados o resíduo foi classificado como Classe II A- não inerte. Os resíduos com tal classificação podem ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. A Fluorescência de Raio X – (FRX) é apresentado na TABELA 1 e foram identificadas nos difratogramas do RSLC 1, as fases cristalinas de três principais minerais: a Caulinita, mineral de silicato de alumínio hidratado ($Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$), o Quartzo, mineral de óxido de silício (SiO_2) e a Hematita, mineral de óxido de ferro (Fe_2O_3). A curva de Análise Térmica Diferencial do RSLC evidencia um pico endotérmico que ocorre entre 19°C e 150°C, acompanhado pela perda de água livre e um pico endotérmico entre 400°C e 580°C devido à perda de hidroxila estrutural. A análise termogravimétrica e indica uma perda total de massa de 9,2%. A argila da região de Campo Mourão apresentou percentual de SiO_2 de 42,8% (TABELA 1) e possui características inorgânicas de alta plasticidade (IP = 21,5) (Tabela 2), com presença de argilominerais hidrofílicos que contribuem para forte ligação química, bem como, pela influência da fração dos grãos na faixa de $20\% < 2 \mu m$ e baixa porcentagem de grãos do tamanho da areia, 16 %, conforme apresentados na análise granulométrica.

TABELA 1- Resultado da análise de FRX do RSLC e da argila da região de Campo Mourão -PR.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	SO ₃	P.F.
	%							
RSLC	63,6	7,2	7,3	0,7	0,5	12,1	2,2	6,2
Argila	42,8	19	10,7	0,8	1,0	14,1	2,1	9,5

Admite-se por essas características que a formulação da massa será constituída por partículas de distintos tamanhos, o que reduzirá o grau de compactação e os canais internos na peça cerâmica, favorecendo assim a eliminação das águas associadas às partículas em função do tempo no processo de secagem, de forma a garantir baixo gradiente diferencial de deformação linear. O RSLC apresentou percentual de SiO₂ de 63,6 % (TABELA 1) e possui 15% das partículas com granulometria < 2 µm, classificada como siltes inorgânicos de baixa compressibilidade com percentual de areia de quartzo de mediana plasticidade. Ressalta-se que a adição do RSLC em argilas com características “gordas”, de alta plasticidade, poderá aperfeiçoar a organização de partículas na peça cerâmica de forma a reduzir tempo e otimizar a eficácia no processo de secagem, uma vez que o empacotamento dos grãos no corpo cerâmico reduzirá a forte interação entre as partículas que adsorvem água para os interstícios.

TABELA 2- Limite de Liquidez (LL), Limite de Plasticidade (LP) e Índice de Plasticidade (IP) da argila, do RSLC e das formulações argila+resíduo.

Formulações	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	Classificação ABNT
RSLC	25,0	10,8	14,2	Medianamente Plastico
100 % Argila	40,4	18,9	21,5	Altamente Plastico
5% RSLC	38,8	18,2	20,6	Altamente Plastico
10% RSLC	36,4	17,2	19,2	Altamente Plastico
20% RSLC	30,4	15,2	15,2	Altamente Plastico

A TABELA 2 apresenta a plasticidade das formulações do RSLC com a argila de referencia avaliada através dos limites de Atterberg; LL, LP e IP. Observa-se que o efeito da incorporação do resíduo é a diminuição da plasticidade das massas cerâmicas. Isto se deve ao fato do RSLC ser rico em sílica, que é um material não plástico. Observa-se que todas as formulações apresentaram IP superiores a 15 %, limite mínimo para uma argila ser considerada altamente plástica. Os valores de retração linear de secagem dos corpos de prova para 10 e 20 % não atenderam ao limite máximo recomendado (máximo de 6%) como mostra a TABELA 3. Entretanto a composição de 5 % se aproximou do valor recomendado. Para produção de tijolos furados, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005a) indica que os valores de resistência a compressão tenham como mínimo valor 1.5 MPa para furos com uso na horizontal. Pode-se constatar que a resistência mecânica aumenta com o aumento da temperatura de sinterização. Além disto, quanto menor a quantidade de RSLC adicionado na massa maior sua resistência à compressão devido ao menor número de poros abertos pelos compostos carbônicos evaporados e consequentemente menores a sua fragilidade. Os resultados mostraram que quanto maior a porcentagem de RSLC na argila, maior sua absorção de água para todas as temperaturas de queima, o que está relacionado com o aumento da porosidade dos corpos de prova devido à maior quantidade de resíduo. Nota-se que os valores de queima a 800 e 900 °C apresentaram valores que se enquadram dentro dos limites recomendados que é de 8 a 22 %. Todos os CP testados satisfazem a este parâmetro. A porosidade aparente dos corpos de prova de argila com lodo, apresentadas na Tabela 3 variou entre 28 a 40 %. Os resultados, refletiram a proporcionalidade da absorção de água com tendência a entrar na faixa recomendada com o aumento da temperatura. Após a queima os corpos de prova apresentaram coloração marrom claro avermelhado e foram, portanto considerados aprovados.

CONCLUSÕES:

O RSLC foi caracterizado resíduo como pertencente à classe II – Não Inerte pela NBR 10004/04. Os corpos de prova, em todas as formulações, atenderam aos requisitos recomendados de granulometria, massa específica aparente, plasticidade e cor. A resistência a compressão só não foi atendida pelas composições de 10 e 20 % de lodo a temperatura de queima de 800 °C. A baixa plasticidade do RSLC

contribui ao não atendimento das características de perda ao fogo, retração de secagem, resistência a compressão e porosidade para as formulações de 10 e 20%.

TABELA 3- Resultados das propriedades mecânicas das formulações do RSLC com a argila de referencia nas diferentes temperaturas de queima.

	Temperatura		Argila referencia	% de RSLC		
	de Queima (° C)	Recomendado		5	10	20
Umidade Extrusao (%)		de 10 a 30	25	26	28	33
	800		1,50	1,50	1,40	1,20
	900		1,70	1,60	1,40	1,25
Resistencia Compressao (Mpa)	1000	1,50	1,90	1,70	1,60	1,30
	800		14	18	20	22
	900		12	16	20	21
Absorcao de Agua (%)	1000	de 8 a 20	11	16	18	20
	800		4,8	5,5	6,0	6,5
	900		5,0	5,8	6,0	6,5
Retracao linear (%)	1000	< 6	5,2	6,0	6,2	6,8
	800		1,5	1,6	1,6	1,8
	900		1,4	1,4	1,5	1,6
Massa especifica aparente (g cm ⁻³)	1000	minimo de 1,7	1,3	1,2	1,2	1,3
	800		32	35	37	40
	900		30	33	35	37
Porosidade Aparente (%)	1000	17 a 35	28	30	31	32
	800		8	10	12	15
	900		9	11	13	17
Perda ao fogo (%)	1000	Maximo 10	9	12	15	17
	800					
	900					
Cor de queima	1000	Vermelha		Marrom	Avermelhada	

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 7170**: tijolo maciço cerâmico para Alvenaria. Rio de Janeiro, 1983.

_____. **NBR 6459**: determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984a.

_____. **NBR 7180**: determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984b.

_____. **NBR 6220**: material refratário denso - determinação da massa específica aparente, porosidade aparente, absorção e massa específica aparente da parte sólida. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 15270-1**: parte 1: blocos cerâmicos para alvenaria de vedação — Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005^a

_____. **NBR 15270-3**: parte 3: blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005b.

_____. **NBR 10004**: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004.