

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE CELULOSE KRAFT NA PRODUÇÃO DE CORPOS CERÂMICOS¹

Leonardo Souza de Caux²
Sidiney Nicodemos da Silva³

Alexandre Brandão Landim⁴

Aline Cristina Pereira de Souza de Caux⁵

Thiago Iwanaga Souza⁶

Resumo

A incorporação de resíduos industriais e urbanos na formulação de artefatos cerâmicos como, cerâmica vermelha, vidros, vitrocerâmicas e refratários, tem sido demonstrada em diversos trabalhos como uma excelente alternativa técnica e econômica para seu o manejo. A indústria de celulose Kraft pode ser inserida neste contexto com seus resíduos dregs, grits e lodo eta, que apresentam características apropriadas para o processamento cerâmico. Os resíduos dregs e grits podem ser utilizados como fonte de CaO enquanto o lodo eta possui significativos teores de SiO₂ e Al₂O₃. Estes resíduos apresentam porém, substâncias que podem ser consideradas críticas ao processamento cerâmico do ponto de vista da geração de porosidade, retração volumétrica, trincas e formação de eutéticos. Dentre as principais substâncias podem ser citados, carbonatos, óxido férrico, material alcalino, matéria orgânica e grafite. Neste trabalho a incorporação destes resíduos em formulações com e sem argila foi estudada, demonstrando um considerável grau de substituição da argila em especial pelo resíduo lodo eta, com taxa de substituição máxima de 25%. A retração volumétrica observada com a incorporação do lodo eta pode ser reduzida com a introdução dos resíduos dregs e grits. A incorporação de dregs e grits ficou limitada a 15% devido ao aumento drástico da porosidade e alcalinidade residual nos corpos cerâmicos após a sinterização. Todos os testes foram realizados em escala laboratorial onde a temperatura de sinterização foi de 800°C e tempo de 3 horas, com análise das características físico químicas, estruturais, óticas e da resistência mecânica.

Palavras-chave: Resíduos sólidos; Cerâmica; Indústria de celulose.

ANALYSIS OF THE VIABILITY TECHNIQUE OF THE USE OF RESIDUES OF THE KRAFT CELLULOSE INDUSTRY IN THE PRODUCTION OF CERAMIC BODIES

Abstract

The incorporation of industrial and urban residues in the formularization of ceramic devices as, red ceramics, refractory glasses and vitroceramics, has been demonstrated in diverse works as an excellent alternative economic and technique for its handling. The industry of Kraft cellulose can be inserted in this context with its residues dregs, grits and SWT (Station of water treatment) silt, that present appropriate characteristics for the ceramic processing. Residues dregs and grits can be used as source of CaO while eta silt possess significant texts of SiO₂ and Al₂O₃. However they still present substances that can be considered critical to the ceramic processing of the point of view of the generation of porosity, volumetric retraction, breaking and eutectic formation. Amongst main substances they can be cited, carbonates, ferric oxide, alkaline material, organic substance and graphite. In this work the incorporation of these residues in formularizations with and without clay was studied, demonstrating a considerable degree of substitution of the clay in special for the residue SWT silt, with maximum tax of substitution of 25%. The observed volumetric retraction with the incorporation of SWT silt can be reduced with the introduction of residues dregs and grits. The incorporation of residues dregs and grits was limited 15% due to the drastic increase of the porosity and residual alkalinity in the ceramic bodies after the sintering. All the tests had been carried through in laboratorial scale where the temperature of sintering was of 800°C and time of 3 hours, with analysis of the characteristics physical chemical, structural, optics and of the resistance mechanics.

Key words: Solid residues; Ceramics; Cellulose industry.

¹ *Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.*

² *Engenheiro de Materiais/Mestrando em Engenharia de Materiais - Celulose Nipo-Brasileira S.A.*

³ *Doutor em Engenharia de Materiais – Centro Universitário do Leste de Minas Gerais.*

⁴ *Engenheiro Químico - Celulose Nipo-Brasileira S.A.*

⁵ *Mestre em Engenharia Industrial - Celulose Nipo-Brasileira S.A.*

⁶ *Graduando em Engenharia de Materiais - Centro Universitário do Leste de Minas Gerais.*

1 INTRODUÇÃO

A utilização otimizada dos recursos naturais e o manejo adequado dos resíduos adquiriram conotação estratégica nas operações industriais e na coleta do lixo urbano. Dentre os fatores responsáveis podem ser citados a evolução restritiva da legislação ambiental, a grande geração de resíduos, o rápido esgotamento das fontes naturais de matéria prima e a necessidade da otimização energética dos processos.⁽¹⁻³⁾

O custo energético, volume gerado, redução da área licenciada ou disponível para disposição e monitoramento dos resíduos, vem ao encontro da sua valorização como co-produto^(2,4,5) Considerá-los como uma alternativa rentável na criação de artigos ou produtos comercializáveis, se destaca como uma ótima solução para o seu manejo e fortalece ainda o compromisso sócio – ambiental das empresas e municípios.⁽¹⁾

Pesquisas visando agregar valor e qualidade aos resíduos sólidos industriais e urbanos tem ganhado espaço em muitos laboratórios e instituições com trabalhos que demonstram o grande potencial do investimento na tecnologia de seu reaproveitamento. Estes trabalhos têm origem nos mais diversos setores da indústria, podendo-se destacar em maior número aqueles que têm como objetivo a produção de artigos cerâmicos, vítreos, vitrocerâmicas e refratários.^(3,5-9)

A indústria cerâmica destaca-se na reciclagem dos resíduos sólidos industriais e urbanos, devido à similaridade das características físico-químicas destes resíduos com as matérias primas tradicionais além do fato de possibilitar o consumo de grandes quantidades.^(4,5) De acordo com dados da Associação Nacional da Indústria Cerâmica – Anicer são consumidos na produção de tubos, blocos/tijolos e telhas cerca de 10.300.000 de toneladas de argila por mês demonstrando o grande potencial destas indústrias na absorção dos resíduos. Porém devem ser estabelecidos critérios para sua utilização a fim de otimizar as propriedades das cerâmicas obtidas a partir destes materiais.

Os resíduos sólidos são divididos em classes de acordo com a norma brasileira NBR-10.004, que os separa quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública. Outra classificação, de acordo com Menezes et al.⁽⁴⁾ consiste em separá-los quanto suas características e influência sobre as propriedades das formulações, corpos cerâmicos e processo, sendo: redutores de plasticidade, fundentes, combustíveis, cinzas volantes, resíduos de incineração e radioativos.

A indústria de celulose pode ser inserida no contexto através de seus resíduos de caustificação, cinzas, lodo produzido na Estação de Tratamento de Água – ETA, biomassa e outros. Algumas técnicas convencionais para o manejo e descarte destes resíduos são: compostagem, correção de solo,⁽¹⁰⁾ biomassa para geração de energia, triagem de sucata e aterro industrial. Os resíduos Dregs e Gritts são produzidos na operação de caustificação, que faz parte do ciclo de recuperação química das fabricas de celulose (Kraft). São ricos em óxido e carbonato de cálcio, possuem ainda significativas quantidades de sódio, grafite, sílica e ainda traços de ferro, manganês, magnésio, alumínio, sulfatos e cloretos.

A necessidade de um grande volume de água para o processo de produção de celulose implica na existência de uma estação de captação e tratamento de água, este processo gera como resíduo uma significativa quantidade de lama, designada como Lodo Eta, constituído basicamente pelos minerais e matéria orgânica provenientes da água captada somado aos reagentes utilizados no seu tratamento.

Sua composição e quantidade o destacam dentre os resíduos, principalmente pela similaridade com as argilas encontradas no mercado.

Os resíduos utilizados neste trabalho foram coletados na planta da Celulose Nipo-Brasileira S.A. – Cenibra localizada no município de Belo Oriente em Minas Gerais e de acordo com dados do seu balanço social e ambiental no ano de 2005, 9% dos resíduos alcalinos, dentre eles dregs, grits e lama de cal, foram encaminhados para o aterro industrial, representando aproximadamente 96,0% do montante enviado. Na Cenibra a água para o processo é captada no Rio Doce e sua purificação é feita pelo processo de floculação com sulfato de alumínio seguido por decantação e posteriormente filtração. A forma de desidratação do lodo não está completamente definida e seu estudo deverá ser concluído em 2007.

Com o objetivo de analisar a utilização dos os resíduos Dregs, Grits e Lodo Eta provenientes da Cenibra, na indústria cerâmica e fornecer uma alternativa para seu co-processamento, contrapondo as atuais operações de descarte, foram confeccionados corpos cerâmicos e feita a análise comparativa com corpos produzidos com argila. Foram analisados a resistência mecânica, porosidade, absorção de água, lixiviação de sais, micro estrutura, trincas e retração volumétrica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os corpos cerâmicos foram formulados com os resíduos Dregs, Grits e Lodo Eta coletados na planta da Celulose Nipo-Brasileira – Cenibra localizada no município de Belo Oriente MG. Foram utilizados ainda nas formulações sílica, alumina Bayer e argila.

Os resíduos foram secos em estufa a 105°C durante 24h, levemente macerados, classificadas em peneira de 100 mesh e preservadas em sacolas plásticas lacradas a vácuo. A sílica foi produzida nos laboratórios da Cenibra a partir de areia pré-classificada em peneira de 35 mesh, lavada com água desmineralizada quente e levada a mufla a 550°C por 3h. Após resfriamento a areia foi imersa numa solução de ácido clorídrico e ácido nítrico na proporção 3:1 e em seguida levada a chapa de aquecimento até total secura. Este ataque foi repetido 6 vezes intercalados com lavagem em água destilada e filtração em funil para filtração rápida e após a secagem em estufa a 105°C por 24 h, foi macerada e classificada em peneira de 100 mesh. A argila foi obtida junto a empresa cerâmica forte localizada no município de Cantagalo-MG na rodovia MG 314 km 8, o material foi seco em estufa a 105°C por 24h e classificado em peneira de 100 mesh .

Os teores de cálcio, magnésio, alumínio, ferro e manganês foram determinados por espectrometria de absorção atômica utilizando-se o espectrômetro Varian AA200. O sódio e potássio foram determinados em espectrômetro de chama Micronal B462. Os teores de sílica, sulfatos, carbonatos, umidade e matéria orgânica foram determinados gravimetricamente e o teor de cloretos por titulometria. Na determinação da umidade utilizou-se balança Mettler PM100 acoplada à dispositivo para aquecimento e secagem por infravermelho Mettler LP16. A matéria orgânica do resíduo dregs foi caracterizada por espectrometria de infravermelho com transformada de fourier, FTIR, utilizando-se o equipamento Nicolet Avatar 330FT-IR. A pureza da sílica foi determinada em termos do percentual de SiO₂ sem a discriminação das impurezas. A caracterização da argila foi realizada em uma única amostra. Após total homogeneização foram determinados os teores de sódio, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, ferro, manganês, sílica, sulfatos, carbonatos, cloretos, umidade e matéria orgânica, nos mesmos equipamentos e procedimentos

utilizados para os resíduos. A granulometria dos resíduos foi determinada no equipamento Ankersmid Cis 100 que analisa o tamanho das partículas através da incidência de um feixe de laser, o parâmetro *Threshold* foi configurado para 235 e o número de scans 3000.

Os corpos de prova foram produzidos por prensagem uniaxial a frio utilizando-se prensa hidráulica manual, pressão de 25 MPa e tempo de prensagem de 30 segundos. A matriz utilizada foi construída em aço carbono AISI 1045 com dimensões de ϕ : 54,5 mm (interno) e 30 mm de altura, foram confeccionados 5 corpos para cada formulação conforme descrição na Tabelas 1. O teor de umidade dos pós para prensagem foi inferior a 5%.

Tabela 1- Composição dos corpos de prova base resíduos

	Dregs, %	LODO ETA, %	Grits, %	Argila	Al ₂ O ₃ , %	SiO ₂ , %
C1	50	50	-	-	-	-
C2	25	75	-	-	-	-
C3	-	50	50	-	-	-
C4	-	75	25	-	-	-
C5	-	-	-	-	-	-
C6	5	27,5	47,5	-	10	15
C7	5	75	10	-	10	-
C8	5	65	10	-	10	10
C9	5	-	75	-	-	20
C10-L.Eta	5	95	-	-	-	-
P- Argila	5	0	-	100	-	-
P1	5	25	-	75	-	-
P2	5	50	-	50	-	-
P3	5	75	-	25	-	-
P4	5	40	10	50	-	-
P5	25	-	-	75	-	-
P6	5	-	25	75	-	-

Fonte: Autor

A sinterização dos corpos de prova foi realizada em mufla com taxa de aquecimento controlada (taxa de 2°C.min⁻¹ até 145°C e permanência de 30 min, taxa de 10°C.min⁻¹ até 700°C e permanência de 60 min e taxa de 25°C.min⁻¹ até 800°C com permanência de 180 min). Foram necessários experimentos preliminares para determinação da curva de aquecimento.

Os corpos de prova foram avaliados quanto aos seus aspectos macro e meso estruturais após a sinterização. Foi utilizado microscopia ótica para identificação de grãos, micro trincas, porosidade e demais parâmetros da micro estrutura formada. As imagens em microscopia ótica foram obtidas utilizando-se o microscópio ótico Olympus Plus equipado com controladores de luminosidade e captura de imagem, PV10-CS e PV10-CB, monitor de 14' Olympus OEV143, software de captura de imagens Image Pro Plus, fornecido pela mesma empresa. As imagens foram coletadas nas ampliações 50 – 1000x sem tratamento prévio da superfície.

Os ensaios mecânicos foram realizados nos laboratórios do Cefet-Timóteo MG. Foram realizados ensaios de compressão uniaxial determinando-se a tensão de ruptura com velocidade de 15 m/min.

A densidade aparente foi determinada pela imersão dos corpos de prova em água destilada e calculada pelo princípio de Arquimedes, onde: $\rho = V \cdot m^{-1}$; sendo V, o volume deslocado de água e m o peso do corpo de prova.

A análise da lixiviação de sais foi realizada através da imersão dos corpos em um béquer com 500 cm³ de água desmineralizada e aquecidos a 80°C em banho maria por 3h. A solução restante no béquer foi aferida em balão volumétrico para 500 cm³ e foram analisados sua condutividade e pH. O peso dos corpos foi aferido antes e após a imersão para determinação da absorção de água.

Na análise dos resultados de caracterização e ensaios da matéria prima e corpos cerâmicos foi utilizado o software Statistica, nos módulos *Advanced Linear/Non Linear Models, Basis statistics*. Utilizou-se a análise de variância (ANOVA) seguida pelo contraste entre médias pelo método de Tukey a 95% de confiança.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra os resultados da caracterização dos resíduos e argila. Os resíduos Dregs e Grits apresentaram alto teor de Ca⁺² e CO₃⁻² além de significativa quantidade de Na⁺ e baixo teor de SiO₂. O Lodo Eta apresentou grande quantidade SiO₂, Al⁺³ e Fe⁺³. Os teores de Na⁺, K⁺ e Cl⁻ não foram determinados, estes parâmetros dependem da quantidade de material solúvel remanescente no lodo após desaguamento e esta operação não está completamente definida na CENIBRA. A argila apresentou grande quantidade de SiO₂, Al⁺³ e Fe⁺³.

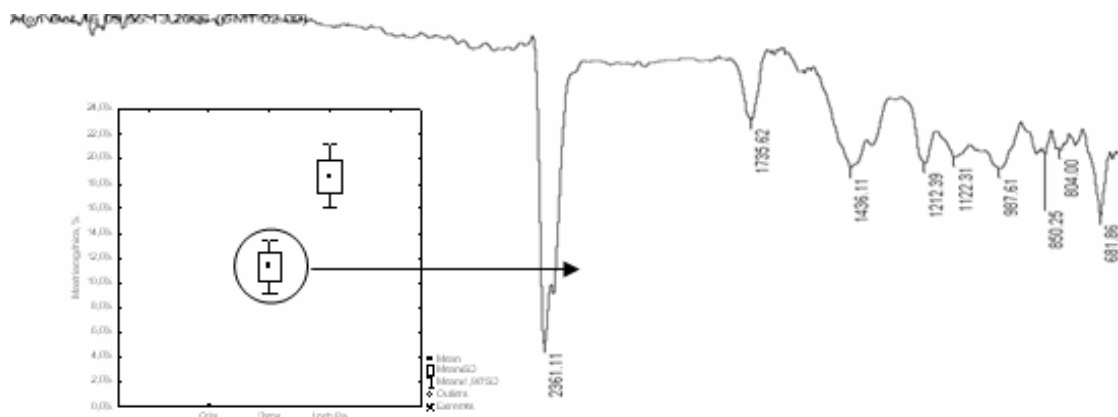
Tabela 2 - Teores de Na⁺, K⁺, Fe⁺³, Cl⁻, SO₄⁻² e CO₃⁻²

	SiO ₂	Ca ⁺²	Al ⁺³	Na ⁺	K ⁺	Fe ⁺³	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻²
DREGS	2,53	31,7	**	3,32	0,2	0,01	0,36	1,28	36,7
GRITS	1,04	37	0,01	2,56	0,08	**	0,12	0,39	40,5
L. ETA	45,7	1,68	6,13	*	*	8,48	*	**	1,32
Argila	71,5	0,07	7,97	0,15	0,5	5,33	**	**	1,3

Fonte: Autor

* Não analisado ** Não detectado

O resíduo Grits não apresentou matéria orgânica, enquanto que o Lodo Eta apresentou 19,9% e a argila 10,7%. A perda de massa atribuída convencionalmente à matéria orgânica no Dregs (11,0%) na queima foi discutida em termos do seu espectro em FT-IR (Figura 1), onde ficou evidenciado a sua inexistência, o espectro mostra argumentos suficientes para demonstrar a existência de grafite. A mesma análise não foi executada para Lodo Eta e argila devido a sua pluralidade constitucional, que forneceria um espectro complexo e sem informações precisas.



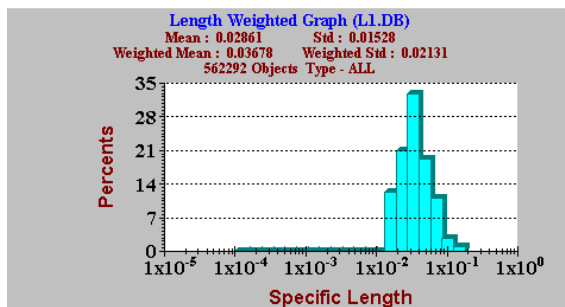
*Espectro coletado de 500 – 4000 cm⁻¹ com 64 scans e intervalo de 1,928 cm⁻¹

Fonte: Autor

Figura 1 – Matéria Orgânica

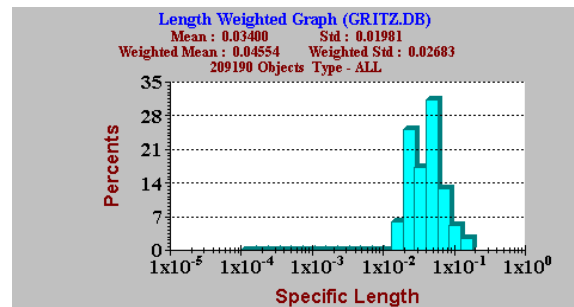
A análise granulométrica dos resíduos e argila mostrou uniformidade na distribuição dos tamanhos de partícula entre os mesmos (Figuras 2 – 5).

Durante a prensagem os corpos de prova apresentaram a tendência geral de formação de marcas de laminação, este problema pôde ser solucionado com melhor lubrificação do molde. A introdução de Dregs nas formulações tende a melhorar a conformabilidade devido a presença de grafite em sua composição, porém a adição deve ser limitada já que pode ocorrer extensiva perda de massa durante a queima (CO_3^{-2} e grafite) e com isso o aumento da porosidade.



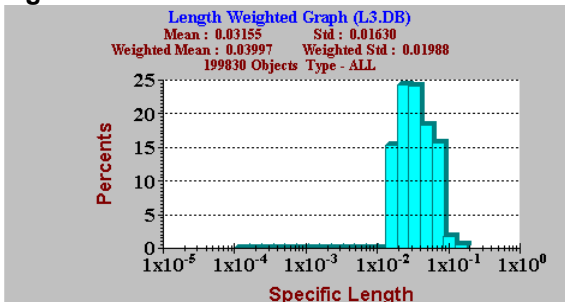
Fonte: Autor

Figura 2 – Granulometria : Lodo Eta



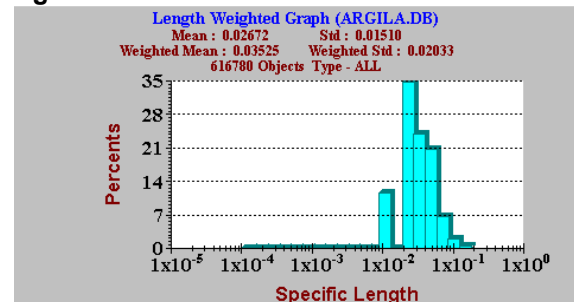
Fonte: Autor

Figura 3 – Granulometria : Grits



Fonte: Autor

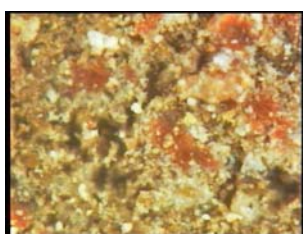
Figura 4 – Granulometria: DREGS



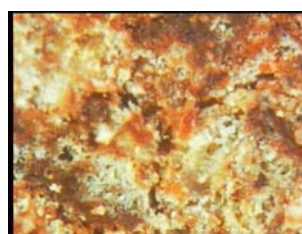
Fonte: Autor

Figura 5 – Granulometria : Argila

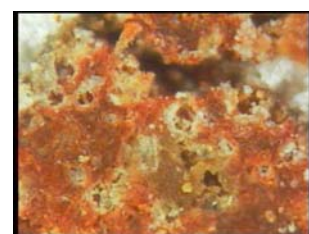
As formulações com grande quantidade de Grits e SiO_2 não apresentaram resistência suficiente no corpo verde devido a ausência de elementos plastizantes e o comportamento reológico dilatante do SiO_2 . As formulações com teores elevados de Dregs e Grits (C1-C4, C6 e P6) apresentaram problemas durante a queima com a decomposição do carbonato. Segundo Noni Júnio et al.⁽¹¹⁾ e Maia e Osório⁽¹²⁾ entre 800°C e 850°C pode ser identificado o início da decomposição de carbonatos, assim foi utilizado o patamar de 800°C como temperatura de sinterização evitando a quebra dos corpos de prova. Após a sinterização observou-se formação de extensa porosidade nestas formulações (Figura 6).



C1 1000x



C2 1000x



C4 1000x

Fonte: Autor

Figura 6 – Micrografias dos corpos de prova

Os corpos de prova formulados com argila e/ou Lodo Eta associados aos resíduos Dregs e Grits mostraram a tendência da formação de $Fe_2O_3 \cdot FeO$ durante a sinterização quando esta operação foi executada em temperaturas superiores a $800^\circ C$, este fato pode ser atribuído a formação *in situ* de CO, a decomposição paulatina do carbonato em CO_2 e decomposição incompleta da matéria orgânica ou grafite favoreceu a reação de Boudouard: $C + CO_2 \rightarrow 2CO$, assim o Fe_2O_3 presente na composição da argila e Lodo Eta foi reduzido a ferrita. Este fenômeno ocasionou a quebra e surgimento de trincas nos corpos de prova devido a variação volumétrica.

A Tabela 3 mostra o contraste entre as médias de retração volumétrica e perda de massa nas formulações compostas por argila e Lodo Eta (P-P3).

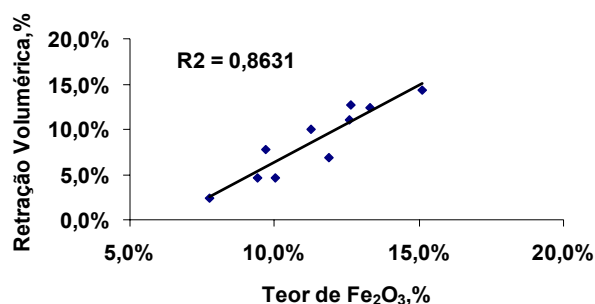
Tabela 3 - Contraste entre médias de PM e Cont.Vol das formulações P-P3

Formulação	Perda de Massa	Retração volumétrica
P	17,2 ^a	2,4 ^a
P1	18,6 ^b	4,7 ^a
P2	20,3 ^c	10,0 ^b
P3	21,5 ^d	12,4 ^b

As médias seguidas pelas mesmas letras são estatisticamente iguais a 95% de confiança.

Fonte: Autor

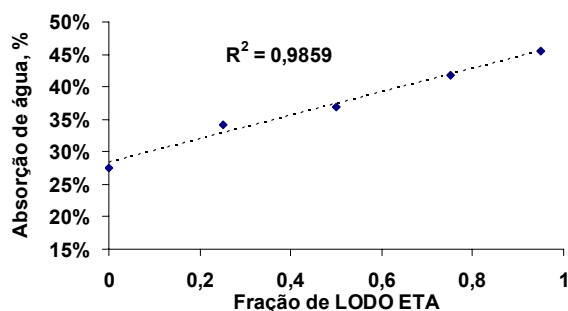
A Figura 7 mostra a boa relação entre a retração volumétrica e o teor de Fe_2O_3 nas formulações.



Fonte: Autor

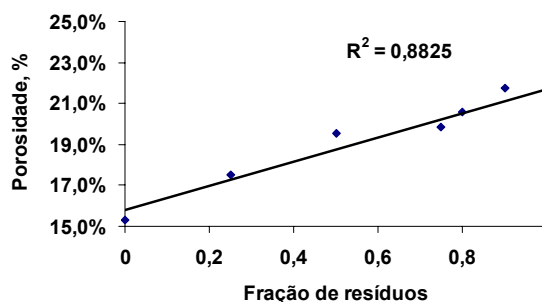
Figura 7 – Retração volumétrica em função do teor de Fe_2O_3 na formulação

Foi observado o aumento da porosidade dos corpos com o incremento da fração de resíduos, fato que provocou substancial elevação na absorção de água. Na Figura 8 é demonstrado a relação entre a absorção de água e a fração de Lodo Eta incorporado nas formulações P – P4. A Figura 9 mostra a porosidade em função da fração de resíduos.



Fonte: Autor

Figura 8 - Relação entre absorção de água e fração de LODO ETA incorporado



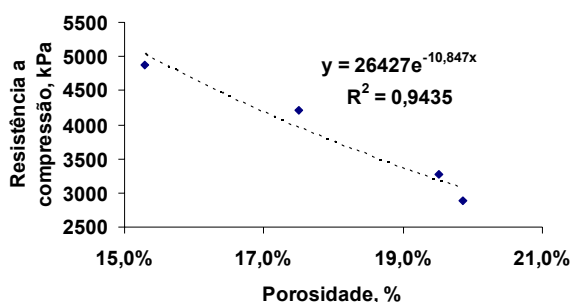
Fonte: Autor

Figura 9 - Porosidade e fração de resíduos

Na análise de lixiviação de sais foi observado maior liberação de substâncias solúveis com o incremento do teor de resíduos nas formulações, em especial Dregs e Grits que provocaram grande elevação no pH e condutividade.

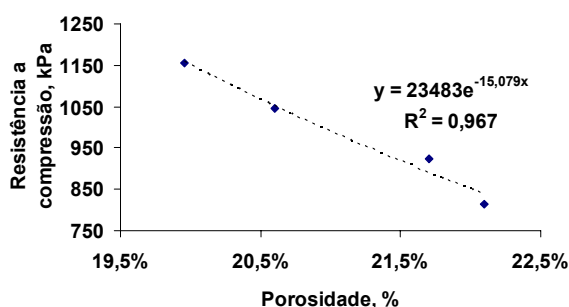
Os corpos de prova formulados apenas com resíduos (C1;C2;C7;C8;C10) apresentaram resistência muito inferior que os formulados com Argila e suas composições (P;P1;P2;P3;P5). O Lodo Eta(C10) apresentou apenas 23,7% da resistência da Argila (P; 4,9 MPa) . A formulação P5 mostrou também que a adição de Dregs a Argila provoca um efeito deletério mais pronunciado (-42,6%) que a adição de Lodo Eta na mesma proporção (P1; -13,3%). As Figuras 11 e 12 mostram a relação encontrada entre a resistência a compressão e porosidade dos corpos de prova para a formulações contendo Argila e resíduos respectivamente.

A equação, $\sigma = \sigma_0 e^{(-nP)}$, representa a relação entre a tensão de ruptura real dos materiais cerâmicos em função de sua resistência intrínseca e porosidade⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾. Fazendo uma analogia desta equação com as equações obtidas nos gráficos das Figuras 10 e 11, pode-se demonstrar que a resistência intrínseca dos corpos formulados com resíduos (23500 kPa) não é tão inferior a dos corpos formulados com argila (26500 kPa), fato que mostra o potencial dos resíduos, desde que tratados afim de que sejam reduzidos os seus efeitos sobre o aumento de porosidade e trincas.



Fonte: Autor

Figura 10 – Relação da resistência a compressão e porosidade para formulações com argila



Fonte: Autor

Figura 11 - Relação da resistência a compressão e porosidade para formulações sem argila

4 CONCLUSÃO

A caracterização dos resíduos mostrou seu grande potencial para utilização na indústria cerâmica, em especial para produção de cerâmica vermelha. As limitações técnicas para incorporação do Lodo Eta nas formulações estão ligadas principalmente a elevada retração volumétrica, maior teor de matéria orgânica e porosidade. A relação de redução da resistência a compressão para a incorporação do Lodo Eta foi de 28 kPa em média para cada ponto percentual de lodo adicionado. A utilização de Dregs e Grits está limitada devido a elevada lixiviação de sais e perda de massa durante a queima aumentando a porosidade. O excesso de carbonato nos resíduos Dregs e Grits inviabiliza sua incorporação direta nas formulações em grandes quantidades. A redução na resistência a compressão foi de 82 kPa para cada ponto percentual deste resíduo adicionado. Nas formulações que continham teores dos resíduos Dregs, Grits e Lodo Eta simultaneamente, processadas sob condições onde não havia a completa queima da matéria orgânica ou carbono grafitico observou-se a presença de $Fe_2O_3 \cdot FeO$ proveniente da redução indireta de Fe_2O_3 , presente em grande quantidade no Lodo Eta.

Agradecimentos

A Cenibra pela abertura para realização do trabalho, a Unileste - MG pela orientação técnica, ao Cefet-Timóteo MG pelo auxílio na realização dos ensaios mecânicos e a cerâmica forte.

REFERÊNCIAS

- 1 MENEZES R R; FERREIRA, H.S; NEVES, G.A; LIRA, H.L; FERREIRA, H.C; Use of granite sawing wastes in the production of ceramic bricks and tiles, *Journal of The European Ceramic Society* 25, 1149-1158, 2005.
- 2 PEREIRA, R.F; HOTZA, D; SEGADÃES, A.M; LAMBRINCHA, J.A, Ceramic formulations prepared with industrial wastes and natural sub-products, *Ceramics International* 32, 173-179, 2006.
- 3 JONKER, A; POTGIETER, J.H; An evaluation of selected waste resources for utilization in ceramic materials applications, *Journal of The European Ceramic Society* 25, 3145-3149, 2005.
- 4 MENEZES R R, NEVES G A, FERREIRA H C, O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas, *Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v6, n2, 303-313, 2002
- 5 LEITE M B, MOLIN D D, Avaliação da atividade pozolânica do material cerâmicos presente no agregado reciclado de resíduo de C&D, *Sitientibus*, 26, 111-130, Feira de Santana Janeiro-Junho 2002.
- 6 YALN, N; SEVINC, V; Utilization of bauxite waste in ceramic glazes, *Ceramics International* 26, 485-493, 2000.
- 7 GEMELLI, E; CAMARGO, H A C; BRESCANSIN, J , Evaluation of Paper industry Wastes in construction material , *Materials Research*, Vol. 4, N°4, 297-304, 2001.
- 8 FERRARIS, M; SALVANO, M; SMAECETTO, F; AUGIER, L; BARBIERI, L; CORRADI, A; LANCELLOTTI, I; Glass matrix composites from solids waste materials, *Journal of The European Ceramic Society* 21, 453-460, 2001.
- 9 MÉNDEZ, A.A; CONZALES, L.C; ALVAREZ, N; MARTÍNES, L.M; Kinetic thermal analysis of glass ceramic from industrial wastes, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 329, 73-76, 2003.
- 10 BELLOTE A F J, SILVA H D, FERREIRA C A, ANDRADE G C, Resíduos da indústria de Celulose em plantios florestais, *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, 3799-106, Jul./Dez 1998.
- 11 NONI JUNIOR A , HOTZA D, GARCIA D E, Método de resolução de problemas de defeitos em revestimento cerâmico: Um estudo de caso, *Cerâmica Industrial*. 5(5) setembro/Outubro 2002.
- 12 MAIA A S, OSORIO V K L, Decomposição térmica do bicarbonato de sódio – Do processo Solvay ao diagrama tipo Ellingham. *Química Nova*, Vol 26 N° 4, 595-601, 2003.
- 13 CALLISTER, W.D JR, *Ciência e Engenharia dos Materiais Uma Introdução*. 5ª edição, ed. LTC, 2002.
- 14 PABSTI, W; GREGOROVA, E; TICHÁ, G, Elasticity of porous-A critical study of modulus-porosity relations , *Journal of the European Ceramics Society* 2005.