Cerâmica
Industrial

Emprego de Resíduo de Celulose da Indústria de Papel como Matéria-prima para Fabricação de Material Cerâmico

***Décio Collatto*[a]*, Carlos Pérez Bergmann*[b]

[a]*Engenheiro Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalurgia e de Materiais – PPGEM, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Av. Osvaldo Aranha, 99, sala 705B, 90035-190, Porto Alegre - RS, Brasil*

[b]*Departamento de Materiais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalurgia e de Materiais – PPGEM, UFRGS, Av. Osvaldo Aranha, 99, sala 705B, 90035-190, Porto Alegre - RS, Brasil*

**e-mail: d.collatto@cpovo.net*

Resumo: Este trabalho avalia o efeito da adição do resíduo de celulose proveniente das indústrias de fabricação do papel, quando incorporados a argilas para processamento cerâmico tradicional. Foram utilizadas argilas da região de Canoas - RS e Sapucaia do Sul – RS, bem como o resíduo proveniente de uma empresa de São Leopoldo – RS. Após a caracterização das matérias-primas, foram formuladas massas cerâmicas com adições de 5, 10, 20 e 40% de resíduo, e, como padrão de comparação, utilizou-se uma formulação apenas com argilas. As massas cerâmicas foram conformadas por extrusão e foram submetidas à queima em forno elétrico nas temperaturas de 850, 900, 950 e 1000 °C. Os corpos cerâmicos assim obtidos foram caracterizados segundo suas propriedades físicas, mecânicas e térmicas. Os resultados mostraram que o resíduo aumenta a resistência a verde dos corpos cerâmicos, favorecendo o manuseio destes durante seu processamento, aumenta a densificação para as formulações com 5 e 10% de adição e consequentemente sua resistência mecânica após a queima, comparada à formulação sem adição de resíduo de celulose. Além disso, produz características na formulação com 20% bem próximas da formulação sem resíduo. Com isso pode-se afirmar que há viabilidade no uso deste resíduo na produção de produtos cerâmicos numa proporção de até 20% de adição, para uma temperatura de queima de 900 °C nas condições realizadas neste trabalho.

Palavras-chave: *cerâmica, cerâmica vermelha, resíduo de celulose.*

1. Introdução

Os resíduos industriais vêm se tornando um dos mais sérios problemas que a sociedade enfrenta. Sua disposição de forma inadequada provoca a degradação do meio ambiente e a contaminação dos mananciais de água e do solo.

Com o desenvolvimento tecnológico, o número de indústrias no mundo vem crescendo a cada dia e com isso, cresce a quantidade de lodo e resíduos gerados (cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papel, madeira, fibras, borracha, metal, escorias, vidros, cerâmicas e outros). A maior parte destes tem destino incerto e na maioria das vezes ficam expostos ao ambiente, contaminando o mesmo. Este problema é comum em várias partes do Brasil e do mundo.

Com as novas leis de proteção ao ambiente, como consequência de crescentes e progressivas diretrizes na gestão de lodos e resíduos para as sociedades industrializadas, na perspectiva de um desenvolvimento sustentável, faz-se necessário desenvolver métodos alternativos e eficazes em substituição ao simples descarte desses em aterros sanitários[1].

O reaproveitamento desses resíduos industriais na cadeia produtiva surge com uma alternativa para minimizar tais danos. Este reaproveitamento não é novo e tem dado certo em vários países do mundo.

Diversas pesquisas e estudos são desenvolvidos atualmente, no sentido da reciclagem, do reuso e da busca pela minimização da geração dos resíduos através da proposição de ações que promovam a redução de desperdícios, a conservação de recursos naturais, a redução ou eliminação de substâncias tóxicas presentes em matérias-primas ou produtos auxiliares, a redução da quantidade de resíduos gerados por processos ou produtos, e consequentemente, a redução de poluentes lançados para o ar, solo e água.

Algumas análises nas diversas áreas de fabricação indicam um retorno financeiro e ambiental extraordinário com o reuso de resíduos, além do aumento da credibilidade e imagem da empresa que busca estas alternativas perante o mercado consumidor[2].

Dentro deste conceito, tem-se a indústria cerâmica como uma das que mais se destaca na reciclagem de resíduos industriais, em virtude de possuir elevado volume de produção que possibilita o consumo de grandes quantidades de resíduos.

Menezes et al.[3] citam os resíduos de mineração, da indústria do papel e celulose, metalurgia, energética, etc., como rejeitos que podem ser usados na indústria cerâmica.

No caso da incorporação de resíduos em materiais cerâmicos, deve-se levar em consideração alguns aspectos importantes, que dizem respeito à compatibilidade entre o resíduo e o material cerâmico, assim como a compatibilidade do produto obtido com o meio ambiente[4]. Isto significa dizer que o uso de um resíduo como matéria-prima secundária não deve comprometer o produto final, em relação a parâmetros estabelecidos para qualidade do produto, e nem tão pouco causar qualquer tipo de dano ambiental[5-13].

Desta forma, a reciclagem e a reutilização de resíduos provenientes de diferentes processos industriais, como novas matérias-primas cerâmicas, têm sido objeto de pesquisas em diversas instituições, que buscam soluções que conciliem vários aspectos, como custo de disposição, tratamentos, tipo e quantidade de resíduo, tecnologia

e processos de utilização e, finalmente, o impacto econômico e ambiental da reciclagem.

As indústrias de papel geram uma quantidade significativa de resíduos, e com o aumento dos custos de disposição e as dificuldades de armazenamento, está havendo uma preocupação crescente no reaproveitamento destes resíduos[14,15].

Diante destas considerações, busca-se neste trabalho uma opção para a utilização de um dos resíduos da indústria do papel, como matéria-prima para adição em massas cerâmicas para fabricação de blocos cerâmicos. O resíduo é o lodo secundário do processo de tratamento de água residuária da indústria na estação de reciclagem e apresenta um alto índice de matéria orgânica, um alto teor de umidade inicial e é classificado como resíduo classe IIA – não inerte[16].

O objetivo deste trabalho foi o de desenvolver uma alternativa tecnológica para utilização do lodo secundário da indústria de papel na produção de cerâmica vermelha. Os resultados deste trabalho contribuem para a minimização dos custos de disposição final de resíduos da indústria do papel, redução de impactos ambientais e para valorização do lodo secundário como um subproduto com valor agregado.

2. Materiais e Métodos

Para a realização deste estudo foram empregadas as seguintes matérias-primas:

- Mistura de argilas utilizadas na indústria da cerâmica vermelha;
- Resíduo de celulose proveniente de uma indústria de papel.

As argilas utilizadas foram submetidas à secagem em estufa a temperatura de 110 °C por 48 horas. Após a secagem, foram moídas em gral de porcelana para desagregar e cominuir o material. A seguir, foram passadas na peneira de abertura de 2,38 mm para utilização como matéria-prima argilosa no processo de conformação por extrusão. O resíduo de celulose foi usado conforme coletado na indústria, sem sofrer qualquer alteração das suas características físicas.

A argila e o resíduo de celulose in natura foram caracterizados quanto à composição química através de fluorescência de raio x, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

A partir dos dados da Tabela 1, pode-se observar que os principais constituintes das argilas são a SiO_2, com percentuais variando de 66,41 a 70,60% e Al_2O_3 com variações de 13,42 a 16,65%. Estas quantidades estão relacionadas à proporção do mineral argiloso (argilomineral) presente nas duas argilas. No caso do resíduo, percebe-se que o principal constituinte é o CaO com percentual de 27,54%. Isto é devido ao processo de colagem[17] utilizado atualmente na produção de papel, onde as empresas substituíram o caulim como carga mineral pelo carbonato de cálcio, pois é um material de custo mais baixo, que aumenta a compacidade e a brancura do papel.

Em relação à perda ao fogo, nas argilas esta se deve, provavelmente, à decomposição de minerais argilosos, assim como a combustão da matéria orgânica. Já no resíduo, o alto percentual de perda ao fogo deve-se ao fato de que este material é composto principalmente por materiais fibrosos orgânicos.

De posse das matérias-primas preparadas, procederam-se às etapas de formulação, secagem, queima e caracterização dos corpos cerâmicos. As formulações testadas neste estudo são apresentadas na Tabela 2.

A sigla C0 significa a mistura das argilas na mesma proporção (50%), a partir da sugestão da olaria fornecedora da matéria-prima, sem a adição de resíduo de celulose. O número ao lado do C identifica o teor da inclusão do resíduo de celulose na formulação da massa cerâmica (5, 10, 20 e 40% em peso).

As formulações foram conformadas em uma extrusora (maromba) do Laboratório de Materiais de Construção da UNISINOS, utilizando uma pressão de vácuo de 700 mmHg (indicada no manômetro da extrusora). Os corpos-de-prova foram moldados com área da base média de 20,4 x 88 mm^2 e espessura média de 10,3 mm.

Na sequência, os corpos-de-prova foram secos ao ar por 72 horas e após em estufa a 110 °C por 24 horas, a fim de eliminar a umidade. A sinterização foi realizada em forno elétrico, nas temperaturas de 850, 900, 950 e 1000 °C a uma taxa de aquecimento de 150 °C/h com um patamar de queima de 4 horas.

No final da secagem e das sinterizações, os corpos-de-prova foram avaliados quanto a sua tensão de ruptura à flexão, absorção de água, retração linear, porosidade aparente, densidade aparente e perda ao fogo.

3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos nos ensaios realizados, divididos em antes da queima e após a queima são apresentados a seguir. Os efeitos das variáveis estudadas foram verificados através da análise de variância, com um nível de confiança de 95%.

3.1. Antes da queima

A variação da resistência mecânica à flexão (4 pontos) dos corpos cerâmicos verdes em função do teor de resíduo de celulose nas formulações após a secagem total dos corpos-de-prova é mostrada no gráfico da Figura 1.

Tabela 1. Principais óxidos constituintes das matérias-primas empregadas.

% em peso	Argilas		Resíduo de celulose
	Gorda	Magra	
SiO_2	66,41	70,60	9,03
Al_2O_3	16,65	13,42	7,59
Fe_2O_3	7,82	5,25	–
MnO	0,04	0,06	–
MgO	0,84	1,68	0,67
CaO	0,18	0,38	27,54
Na_2O	0,11	0,28	–
K_2O	1,05	4,28	0,12
TiO_2	1,02	0,55	0,24
P_2O_5	0,03	0,06	0,13
SO_3	–	–	1,29
SrO	–	–	0,12
ZnO	–	–	0,10
Cl	–	–	0,09
Perda ao Fogo	5,87	3,43	53,09

Tabela 2. Formulações estudadas (% em peso).

Identificação	Argila 1	Argila 2	Resíduo de celulose
C0	50	50	–
C5	47,5	47,5	5
C10	45	45	10
C20	40	40	20
C40	30	30	40

Através do gráfico da Figura 1, observa-se que todas as formulações com resíduo obtiveram uma resistência a verde superior a da formulação sem resíduo e bem superior ao mínimo sugerido por Santos[18] de 2,5 MPa. Dessa forma, todas as formulações estão dentro deste parâmetro.

O aumento da resistência mecânica a verde pela presença de materiais orgânicos fibrosos – a celulose – na massa cerâmica está associado ao entrelaçamento das fibras, promovendo o efeito reforço na matriz argilosa. A Figura 2 apresenta micrografia por microscopia óptica de uma superfície de ruptura de um corpo-de-prova a verde (após secagem), formulado com 40% de resíduo de celulose. É possível observar fibras de celulose aleatoriamente distribuídas na superfície de ruptura, sugerindo que no interior da massa cerâmica haja um entrecruzamento das fibras que aumentaria a resistência mecânica da massa cerâmica após conformação e secagem.

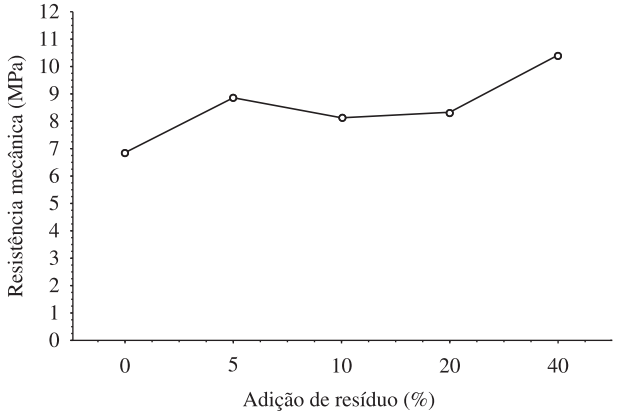

Figura 1. Variação da resistência mecânica à flexão (4 pontos) após secagem total dos corpos cerâmicos verdes em função do teor de resíduo de celulose em sua formulação.

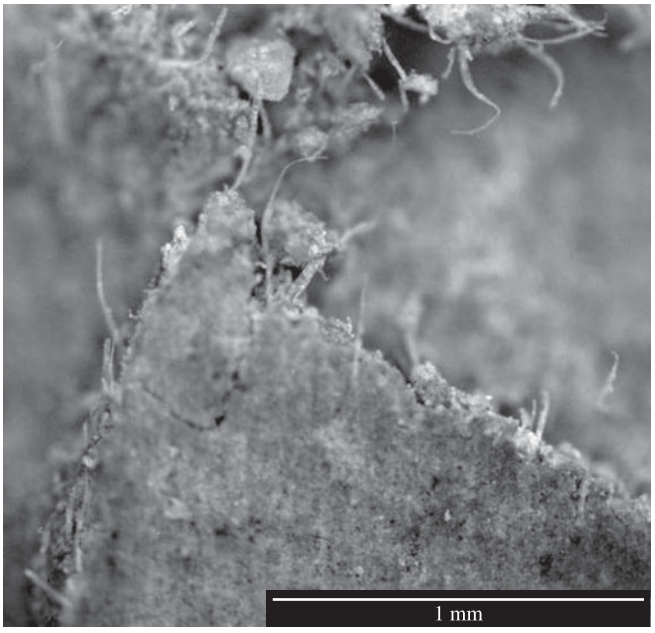

Figura 2. Micrografia por microscopia óptica da superfície de ruptura de um corpo-de-prova a verde (após secagem), formulado com 40% de resíduo de celulose. É possível observar um entrelaçamento de fibras de celulose que ocorreria no interior da massa cerâmica, responsável pelo aumento da resistência mecânica da massa cerâmica após conformação e secagem. (Aumento: 50x).

A variação da retração linear após secagem dos corpos cerâmicos a verde em função do teor de resíduo de celulose nas formulações é apresentada na Figura 3. Segundo Sacme[19], a retração linear de secagem está em geral compreendida entre 3 e 8% para peças conformadas. Neste caso, as formulações com e sem resíduo ultrapassaram o limite máximo citado.

A variação de retração linear em função da adição de resíduo de celulose na formulação pode ser imputada ao teor de umidade do resíduo de celulose e da argila. Aparentemente, a adição de resíduo de celulose diminui a água de plasticidade necessária à argila. Há uma leve tendência à menor retração linear após secagem para as massas cerâmicas formuladas com 5, 10 e 20% de resíduo de celulose. No entanto, a adição de 40% de resíduo de celulose não obedeceu a essa lógica, já que houve um aumento na retração linear da massa cerâmica em relação à sem resíduo. Supostamente, a elevada quantidade de resíduo de celulose na massa cerâmica da formulação de 40% acarreta na formação de espaços entre fibras de celulose que eventualmente permitiriam uma maior retenção de água higroscópica na massa cerâmica.

3.2 Após a queima

A Figura 4 apresenta a variação da porosidade aparente (P_{ap}) em função da temperatura de queima dos corpos cerâmicos para as diferentes quantidades de resíduo de celulose na formulação da massa cerâmica. Junto aos respectivos pontos do gráfico, são apresentadas micrografias por microscopia óptica dos corpos cerâmicos investigados, formulados com 5% e com 40% de resíduo de celulose, que correspondem respectivamente aos de maior e menor porosidade aparente.

Comparando os resultados em função da presença de resíduo de celulose na formulação, constata-se que a adição de 5 e 10% de resíduo promove uma maior densificação dos corpos cerâmicos, chegando a uma redução superior a 10% para a queima a 1000 °C, se comparados com a porosidade dos corpos cerâmicos sem resíduos queimados à mesma temperatura. Já os corpos cerâmicos com 20% de resíduo de celulose na formulação mantiveram praticamente os mesmos valores de porosidade que os obtidos para os corpos cerâmicos sem resíduo, considerando a mesma temperatura de queima.

A Figura 5 apresenta a variação da densidade aparente (D_{ap}) em função da temperatura de queima dos corpos cerâmicos para as diferentes quantidades de resíduo de celulose na formulação da massa cerâmica. Os valores de D_{ap} variaram de 1,84 a 2,19 g.cm^{-3}, tendo sua variação sido esperadamente quase a inversa à da porosidade

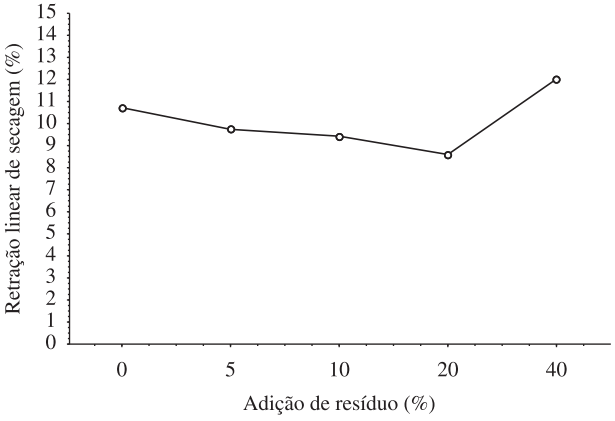

Figura 3. Variação da retração linear após secagem total dos corpos cerâmicos verdes em função do teor de resíduo de celulose em sua formulação.

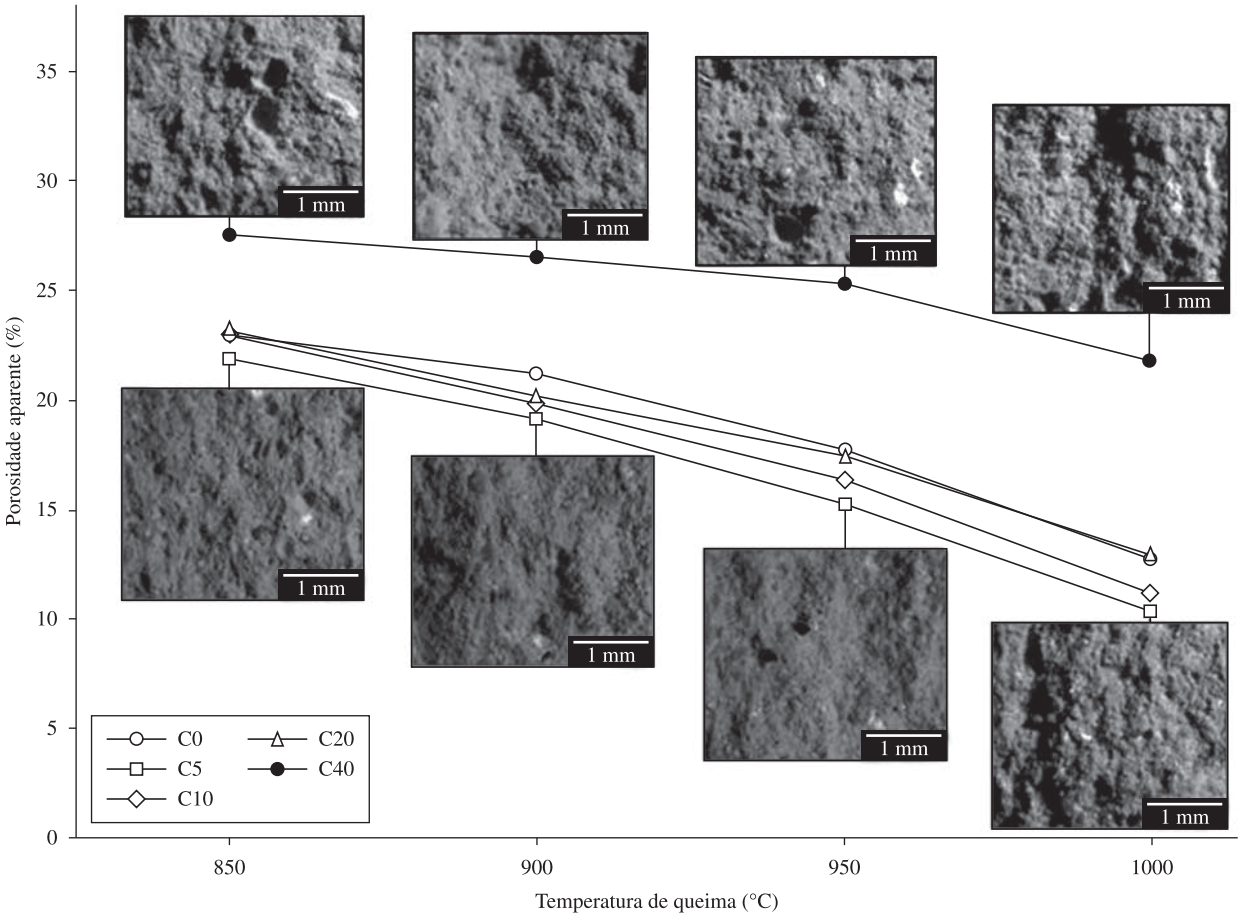

Figura 4. Variação da porosidade aparente em função da temperatura de queima dos corpos cerâmicos para os diferentes teores de resíduo de celulose na formulação da massa cerâmica.

aparente, resultado dos mesmos fenômenos que levam à densificação da massa cerâmica.

A Figura 6 apresenta a variação da resistência mecânica em função da temperatura de queima dos corpos cerâmicos para os diferentes teores de resíduo de celulose na formulação da massa cerâmica. A resistência mecânica dos corpos cerâmicos investigados foi bem superior ao limite mínimo estipulado pela ABNT/NBR 15270-1[20] para blocos cerâmicos de vedação e estrutural, de 1,5 e 3,0 MPa, respectivamente.

Como era de se esperar, com o aumento da temperatura de queima, aumenta a resistência mecânica. Essa variação está associada à densificação do corpo cerâmico, à custa da porosidade, o que seria um indicativo da redução da população e do tamanho de defeitos concentradores de tensões[21].

De fato, se os resultados de resistência mecânica forem comparados com os de porosidade aparente, pode-se constatar uma variação inversamente proporcional. Os corpos cerâmicos formulados com 5% de resíduo de celulose foram os menos porosos e foram também os que apresentaram maior resistência mecânica, para todas as temperaturas de queima praticadas[22].

Os corpos cerâmicos formulados com 10% de resíduo de celulose apresentaram resistência mecânica superior aos corpos cerâmicos sem aditivação, assim como a porosidade aparente dos primeiros foi menor do que a desses últimos. Da mesma forma, os corpos cerâmicos formulados com 20% (resistência mecânica similar a dos corpos cerâmicos sem resíduo) e os formulados com 40% (resistência

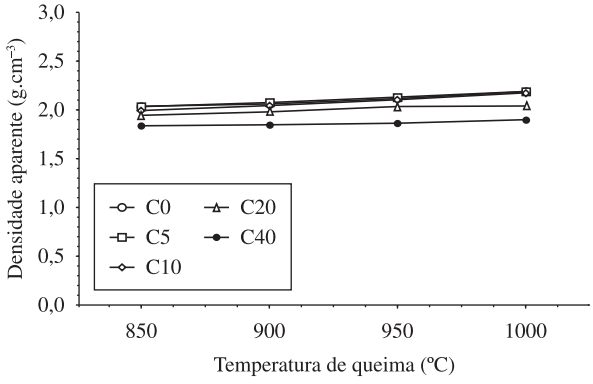

Figura 5. Densidade aparente das formulações com e sem resíduo de celulose em função da temperatura de queima.

mecânica bem inferior aos demais) encontram correspondência com a variação da porosidade aparente com a temperatura de queima.

Os resultados obtidos de absorção de água e retração linear para os corpos cerâmicos formulados com diferentes teores de resíduo de celulose são apresentados no gráfico da Figura 7, em função da temperatura de queima praticada.

De acordo com o prescrito pela ABNT/NBR 15270-2[23], os valores limites de absorção de água são 8 e 22%, limites esses indicados na mesma Figura 7. A partir deste dado, pode-se concluir que as

formulações que atendem a este quesito foram: 0% de resíduo de celulose até a temperatura de 950 °C; 5 e 10% até a temperatura de 900 °C; 20% até a temperatura de 950 °C e 40% em todas as temperaturas de queima.

Pela análise da Figura 7, pode-se observar que a tendência da absorção de água é a mesma da porosidade aparente dos corpos cerâmicos (Figura 4), como era de se esperar, pois a absorção de água – ou porosidade aberta – é parte da porosidade do corpo cerâmico. Assim, há uma diminuição dos valores à medida que se aumenta a temperatura de queima e, um aumento dos valores à medida que aumenta o teor de resíduo de celulose na formulação do corpo cerâmico. Uma exceção foi a adição de 5% de resíduo de celulose que levou à obtenção de um corpo cerâmico com a menor absorção de água, para todas as temperaturas de queima praticadas.

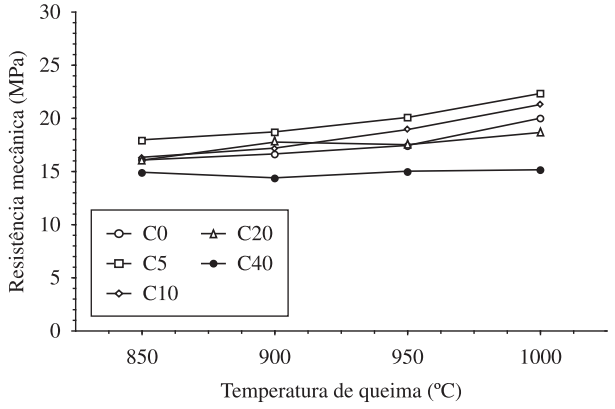

Figura 6. Resistência mecânica das formulações com e sem resíduo de celulose em função da temperatura de queima.

Ainda através do gráfico da Figura 7, constata-se que a retração variou conforme a quantidade de resíduo adicionado na formulação e conforme a temperatura de queima. Temperaturas de queima crescentes levaram a uma maior retração linear, indicando uma maior densificação dos corpos cerâmicos, decorrentes da mais intensa sinterização, fenômeno termicamente ativado. Nenhum corpo cerâmico das formulações investigadas, para qualquer temperatura de queima, apresentou retração linear superior a 8%, que seria um limite sugerido por Paschoal[1].

Constata-se ainda que à medida que se aumenta a adição de resíduo de celulose, este tende a reduzir a sua retração linear, para todas as temperaturas de queima. Porém, como visto para a absorção de água, os corpos cerâmicos formulados com 5% de resíduo de celulose apresentaram uma maior densificação do que os sem aditivação.

A Figura 8 apresenta a variação da perda de massa em função da temperatura de queima dos corpos cerâmicos para os diferentes teores de resíduo de celulose na formulação da massa cerâmica.

A perda de massa variou em função da quantidade de resíduo de celulose na formulação do corpo cerâmico, e muito pouco para as temperaturas de queima entre 850 e 1000 °C. O acréscimo de perda de massa proporcional ao teor de resíduo de celulose na formulação era de se esperar, pela natureza orgânica de boa parte dos constituintes desse resíduo. Assim, para uma perda de massa inferior a 5% do corpo cerâmico sem resíduo chega-se a uma perda de massa de quase 10% para o corpo cerâmico com 40% de resíduo de celulose na formulação.

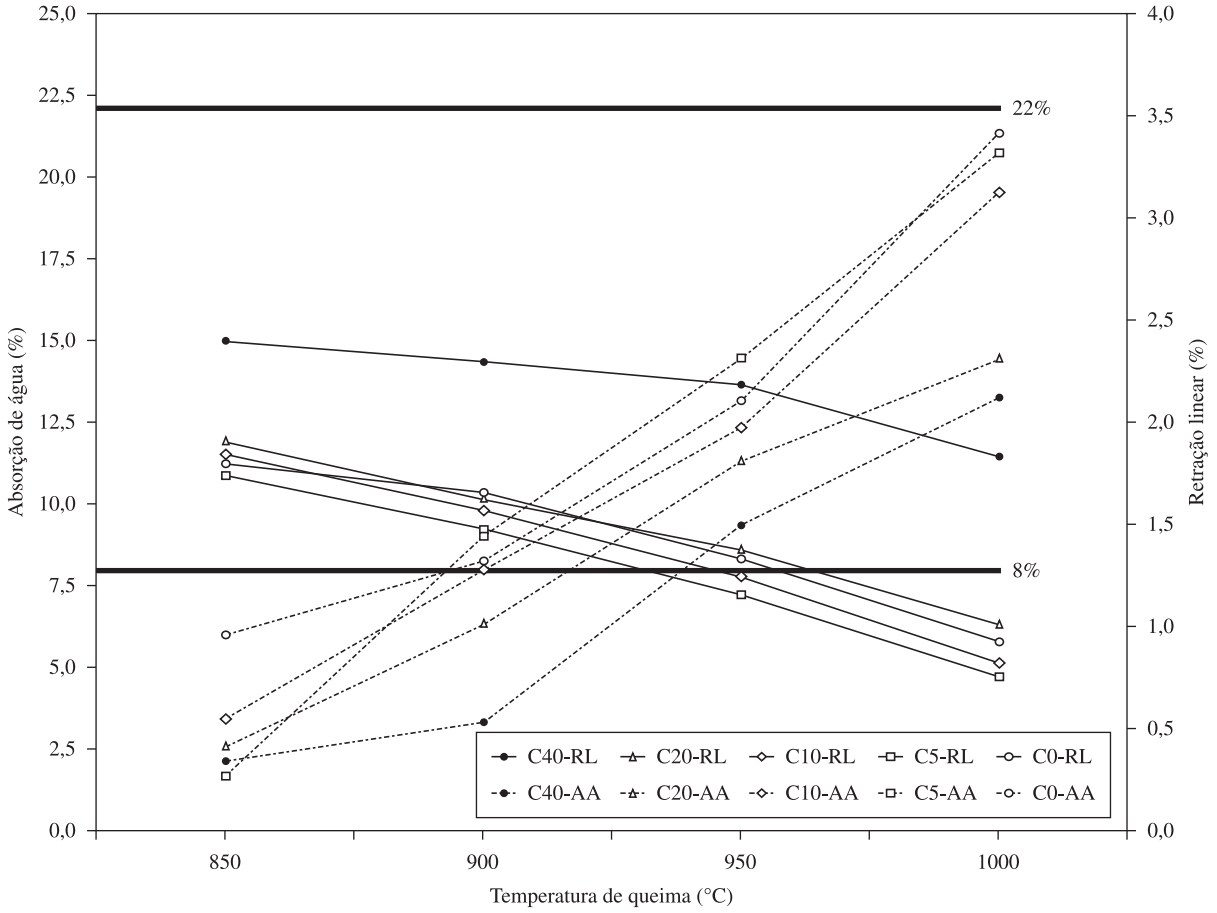

Figura 7. Curva de gresificação (absorção de água e retração linear) das formulações com e sem resíduo de celulose em função da temperatura de queima.

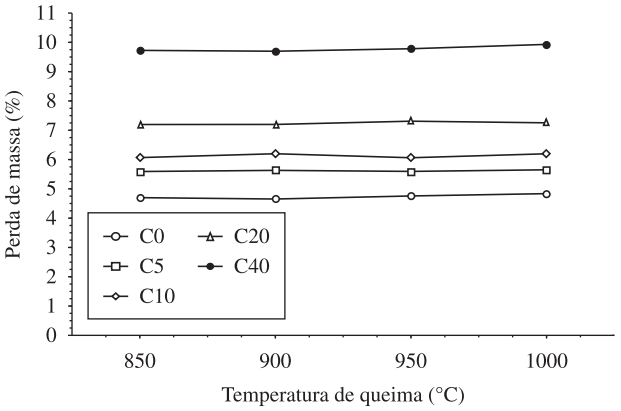

Figura 8. Variação da perda de massa em função da temperatura de queima dos corpos cerâmicos para os diferentes teores de resíduo de celulose na formulação da massa cerâmica.

4. Conclusão

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, podem-se inferir as seguintes conclusões quanto a propriedades de interesse tecnológico inerentes ao processamento cerâmico e decorrentes deste:

- Antes da queima: i) A substituição da argila por resíduo de celulose aumenta significativamente a resistência a verde do produto cerâmico (em torno de 20%). A adição de até 20% de resíduo de celulose diminui a água de plasticidade necessária à argila.
- Após a queima: i) a adição de 5 e 10% de resíduo de celulose promove uma maior densificação do material cerâmico, chegando a uma redução superior a 10% para a queima a 1000 °C, se comparado com a porosidade dos corpos cerâmicos formulados sem resíduo queimados na mesma temperatura de queima. O aumento da adição de resíduos de celulose na massa cerâmica, resulta em um aumento da perda de massa devido à natureza orgânica de boa parte dos constituintes desse resíduo; ii) a resistência mecânica dos corpos cerâmicos aumentou em função da temperatura de queima e da adição de resíduo até 10%. Com queima a 900 °C, corpos cerâmicos formulados com 5 e 10% apresentaram propriedades de interesse tecnológico, como resistência mecânica, superiores as dos produtos cerâmicos sem adição de resíduo de celulose. Os resultados apontam também que o uso de 20% a uma temperatura de queima de 900 °C não compromete as características do produto final quanto aos limites estabelecido pela norma brasileira para produtos cerâmicos comerciais[24].

Referências

1. PASCHOAL, J. A. A. **Estudo de parâmetros de qualidade para a cerâmica estrutural vermelha.** São Carlos, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).
2. LÉBEIS, V. D. L. **Viabilidade do uso do resíduo da fabricação do papel em argamassas.** Campinas, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).
3. MENEZES, R. R. et al. O estado da arte do uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 6, n. 2, p. 303-313, 2002.
4. BALATON, V. T.; GONÇALVES, P. S.; FERRER, L. M. Incorporação de resíduos sólidos galvânicos em massas de cerâmica vermelha. **Cerâmica industrial**, v. 7, n. 6, Nov./Dez., 2002.
5. BARBA, A. et al. **Materias primas para la fabricación de suportes de baldosas cerámicas.** Espanha, 2002.
6. MODESTO, C. et al. Obtenção e caracterização de materiais cerâmicos a partir de resíduos sólidos industriais. **Cerâmica industrial,** Julho/Agosto, 2003.
7. FERNANDES, P. F. **Reaproveitamento do lodo da estação de tratamento de efluentes de uma indústria cerâmica.** Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais), Universidade Federal de Santa Catarina.
8. CHIH- HUANG, W. et al. Utilization of sludge as brick materials. **Advances in environmental research**, v. 7, p. 679-685, 2003.
9. CAMPREGHER, N. **Estudo de viabilidade da incorporação do lodo da estação de tratamento de efluentes da indústria de papel, celulose e aparas em material cerâmico.** Florianópolis, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina.
10. PUREZA, J. C. C. **Utilização de resíduos industriais de baixa granulometria em massas cerâmicas de argila vermelha: aspectos tecnológicos e ambientais.** Porto Alegre, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – PPGEM, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.
11. VICENZI, J. **Efeito da adição de chamota em uma massa cerâmica de argila vermelha.** Porto Alegre, 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - PPGEM, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.
12. AMBRÓSIO, M. C. R. **Obtenção de blocos cerâmicos leves utilizando argilas cauliníticas do estado do Rio de Janeiro com adição de agentes formadores de poros.** Rio de Janeiro, RJ, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ.
13. MOREIRA, A. H. et al. Efeito da adição de águas da indústria têxtil nas propriedades de materiais de construção. **Revista cerâmica**, v. 47, n. 303, p. 158-162, 2001.
14. BONI, M. R. et al. Environmental quality of primary paper sludge. **Journal of hazardous materials**, v. B108, p. 125-128, 2004.
15. CHIN-TSON, L. et al. A novel method to reuse paper sludge and co-generation ashes from paper mill. **Journal of hazardous materials,** v. 58, p. 93-102, 1998.
16. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **NBR 10004:** Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
17. ASSOCIAÇÃO Brasileira de Celulose e Papel. Disponível em: http://www.bracelpa.org.br. Acesso em: 01/05/2007.
18. SANTOS, P. S. **Tecnologia de argilas:** fundamentos. São Paulo: Ed. Blücher LTDA, 1989.
19. SACME. **Dalla Tecnologia alle Machine ai Forni per la Piastrella.** Notas Tecnológicas, 1986.
20. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **NBR 15270-1:** Componentes Cerâmicos Parte 1: Blocos Cerâmicos para Alvenaria Estrutural e de Vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005a.
21. CALLISTER Jr., W. D. **Ciência e engenharia de materiais:** uma introdução. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 589 p.
22. MILHEIRO, F. A. C. et al. Densification Behavior of Red Firing Brazilian Kaolinitic Clay. **Ceramics international**, v. 31, p. 757-763, 2005.
23. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial**. NBR 15270-2:** Componentes Cerâmicos Parte 2: Blocos Cerâmicos para Alvenaria Estrutural – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005b.
24. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **NBR 15270-3:** Componentes Cerâmicos Parte 3: Blocos Cerâmicos para Alvenaria Estrutural e de Vedação – Métodos de Ensaios. Rio de Janeiro, 2005c.