

CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE PORCELANATO E SUA INCORPORAÇÃO À PASTA DE CIMENTO

G.A. Cunha; A.C.J. Evangelista; V.C. Almeida*
Centro de Tecnologia, Escola de Química. Bloco E sala 206
Ilha do Fundão – CEP 21941-909 valeria@eq.ufrj.br
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Resumo

O porcelanato é um revestimento cerâmico com absorção de água inferior a 0,5%, elevada resistência mecânica, caracterizado por apresentar microestrutura densa, constituída por fases cristalinas, mulita e quartzo, imersas em uma fase vítrea. São classificados como esmaltados ou técnicos (polido ou não). O Objetivo deste trabalho foi caracterizar os resíduos de porcelanato (polidos e esmaltados) e avaliar sua influência no comportamento mecânico em pastas de cimento. Os resíduos foram caracterizados através da determinação de sua composição química, distribuição de tamanho de partícula e por difração de raios X. Foram preparadas pastas de cimento + resíduos nas proporções de 25%, 50% e 60% e, realizados ensaios de determinação do tempo de pega, absorção de água, resistência à compressão. Os resultados indicam que apesar dos resíduos apresentarem variações na composição química elementar, não se observou alterações no comportamento das pasta de cimentos em relação aos valores de resistência à compressão.

Palavras - chaves: resíduo de porcelanato, porcelanato, pasta de cimento.

INTRODUÇÃO

A indústria Brasileira de revestimentos cerâmicos ocupa uma posição de destaque no cenário mundial de revestimento. A produção brasileira de revestimento cerâmicos de pisos e paredes foi da ordem de 713 milhões de metros quadrados, em 2009 (Anfacer).

No Brasil e no exterior o grês porcelanato é o produto de revestimento cerâmico mais avançado no mercado de pisos de alta qualidade, isto se deve a alta qualidade de matérias-primas utilizadas e do processamento cerâmico nas etapas de sua fabricação (Rodrigues, 2004). A superfície obtida por queima se caracteriza por apresentar elevada dureza, alta tenacidade à fratura e resistência ao manchamento.

Devido ao alto nível de qualidade de suas matérias-primas, elevado grau de moagem, alto teor de fundente e alta força de compactação, o processo de fabricação do grês porcelanato resulta em peças de baixa porosidade (inferior a 0,5%) e elevado desempenho técnica (resistência mecânica, química e ao gelo) (Aquino, 2006).

O grande êxito comercial das peças de grês porcelanato tem permitido concentrar consideráveis recursos no desenvolvimento de distintos produtos, que podem ser classificados em função de suas diferentes superfícies (rugosa, com textura, polida, esmaltada, etc) ou de suas propriedades mássicas (translucidez, brancura, etc).

Industrialmente, se faz uma distinção entre os porcelanatos não esmaltados, com absorção de água menor que 0,1% e a classe dos porcelanatos esmaltados, com absorção menor que 0,5% de água (Nóbrega, 2000).

Pelo uso de técnica inovadora de decoração é possível produzir porcelanato com alta resistência à abrasão e aspectos muito semelhantes às pedras naturais.

Entre estas diferentes tipologias, nos últimos anos se tem registrado um avanço significativo na produção dos revestimentos polidos, com superfícies lisas e muito brilhantes, comparadas com as obtidas diretamente por queima. O processo de polimento realizado de forma industrial para melhorar o aspecto estético do produto pode promover danos irreversíveis, principalmente à abertura da porosidade fechada e a formação de defeitos superficiais.

Considerando a elevada produção nacional de pisos e revestimentos cerâmicos do tipo porcelanato (46 milhões de metros quadrados em 2008) (Anfacer) e do aquecimento do setor da construção civil, o volume total de rejeitos de grês porcelanato passa a ser considerável vindo a se somar aos problemas ambientais decorrentes de seu descarte, apesar de ser considerado um resíduo inerte.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar os resíduos de porcelanato (esmaltados ou polidos) e avaliar sua influência no comportamento mecânico em pastas de cimento.

MATÉRIAS E MÉTODOS

Na realização da parte experimental desta pesquisa foram utilizados os materiais abaixo relacionados:

- Sobras de piso porcelanato polido
- Sobras de piso de porcelanato esmaltado
- Cimento Portland CII – 32 F Cimento Portland

Os resíduos foram coletados de forma aleatória sendo inicialmente submetidos, a processos mecânicos de quebra e moagem.

Com esta finalidade foi utilizado um britador de rolos e em seguida um pulverizador de disco. Esta etapa teve como objetivo diminuir o tamanho do resíduo. Após esta etapa foram classificados granulometricamente, utilizando para isto um *rot-up*, com jogo de peneiras ABNT de 40, 50, 70, 100, 120 e 200 mesh.

A caracterização mineralógica dos resíduos foi feita empregando-se as técnicas de Fluorescência de Raios X, Difração de Raios-X, espectrometria de infravermelho e microscopia eletrônica de varredura.

A fim de verificar a possibilidade de usar o resíduo como substituinte de parte do cimento Portland foram confeccionados corpos de prova nas proporções apresentadas na tabela 1.

A homogeneização da mistura foi feita manualmente. Inicialmente foi misturado o cimento e o resíduo cominuído e posteriormente adicionada à água de amassamento.

A moldagem dos corpos de prova foi feita utilizando uma forma cilíndrica de 5 cm x 10 cm conforme a norma técnica NBR12024. As amostras foram moldadas em três camadas de misturas, com espessuras aproximadamente iguais com aplicação de 20 golpes por camada com um soquete metálico. A relação água /cimento + resíduo em torno de 0,3 foi necessária para garantir a homogeneidade da mistura.

Tabela 1: Composição dos corpos de prova preparados.

Sigla	Mistura	Quantidade em gramas(g)		
		cimento	resíduo	água
C-100	100% cimento	4880		1200
C25-PA	75%cimento + 25% de resíduo (PA)	3480	1160	1375
C50-PA	50% cimento + 50% de resíduo (PA)	2320	2320	1300
C60-PA	60% cimento + 40% de resíduo (PA)	1624	2436	1120
C25-PC	75%cimento + 25% de resíduo (PC)	4230	1410	1175
C50-PC	50% cimento + 50% de resíduo (PC)	2820	2320	1050
C60-PC	60% cimento + 40% de resíduo (PC)	1974	2961	1020

Onde PA = porcelanato esmaltado e PC = porcelanato polido

Após 24h os corpos de prova foram desmoldados e levados a uma câmara úmida sendo submetidos a períodos de cura de 7,14 e 28 dias. Foram preparados três corpos de prova para cada dia de ensaio. A caracterização física e mecânica dos corpos de prova preparados foi realizada por meios de ensaios de absorção e, resistência à compressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a passagem pelo pulverizador de disco os resíduos foram peneirados em peneirador mecânico apresentando o seguinte:

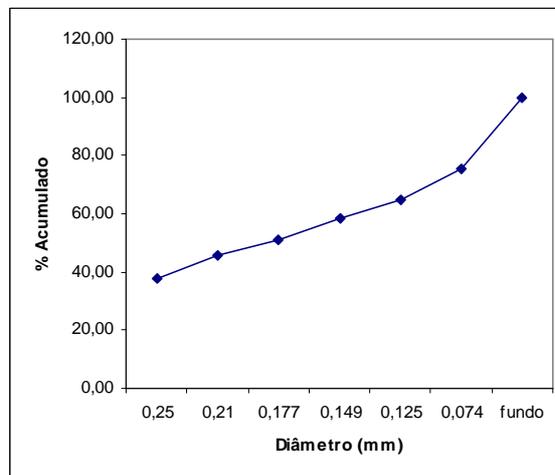


Figura 1: resíduo porcelanato polido após moagem no britador de rolos (A) resíduo porcelanato após passagem no pulverizador de disco (B).

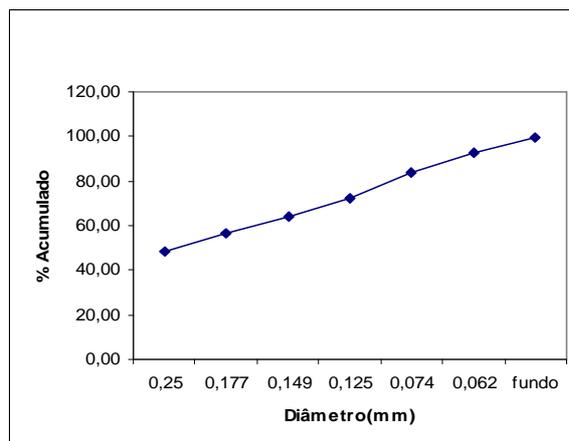


Figura 2: resíduo porcelanato esmaltado in natura(C) e após moagem no britador de rolos (D).

A partir do tratamento de cominuição a análise granulométrica apresentou a distribuição apresentada na figura 3.



(A) resíduo do porcelanato polido



(B) resíduo do porcelanato esmaltado

Figura 3: distribuição granulométrica dos resíduos de porcelanato

Os resíduos apresentaram uma granulometria contínua com um grande percentual de partículas com diâmetro maior que 0,074mm.

As composições químicas dos resíduos de porcelanato estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2- Composição química elementar do resíduo do porcelanato polido e esmaltado

Componente	% (massa)	% massa	Componente	% (massa)	% massa
	Porcelanato polido	Porcelanato esmaltado		Porcelanato polido	Porcelanato esmaltado
SiO₂	69,608	62,013	Na₂O	3,720	1,350
Al₂O₃	20,125	23,212	P₂O₅	0,094	0,078
CaO	0,624	7,467	ZrO₂	0,380	0,423
Fe₂O₃	1,472	1,901	MnO	0,038	-
K₂O	2,899	1,909	SrO	0,008	0,037
TiO₂	0,252	0,568	ZnO	0,380	0,318
SO₃	0,027	0,093	Rb₂O	0,026	0,011
MgO	0,038	0,620	CuO	0,013	-

A Fluorescência de Raios X mostrou uma elevada concentração de sílica (48,5%), alumina (23,5%), cálcio (17,5%), ferro (5,3%) e potássio (2,04%). Os outros elementos aparecem em concentrações abaixo de 1%.

O teor de sílica (SiO₂) apresentado pelas amostras é considerado elevado, fato desejável em materiais ativos e que tem papel importante, pois ao longo do tempo têm-se reações que formam os silicatos e aluminatos de cálcio hidratados, responsáveis pela resistência mecânica desenvolvida.

O resíduo de porcelanato apresentou o seguinte difratograma:

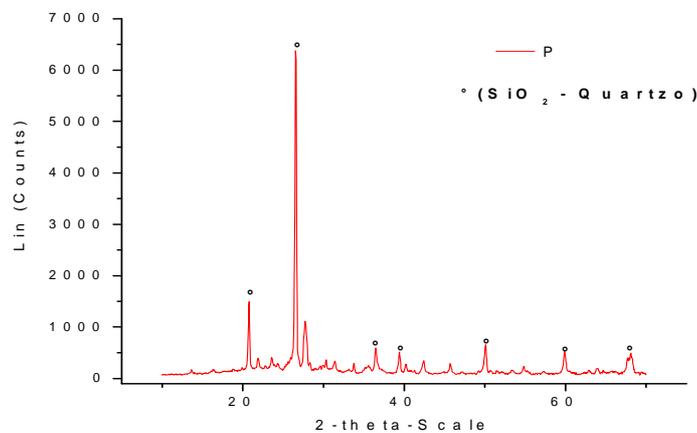


Figura 4 – Difratograma do resíduo de porcelanato

No difratograma é possível observar a presença de Quartzo (SiO_2), pelo pico em 2-Theta em $26,75^\circ$, informação corroborada pela presença de outros dois picos característicos do quartzo, um em 2-Theta igual a $21,00^\circ$ e outro em 2-Theta igual a $50,12^\circ$. Independente de ser polido ou esmaltado é composto principalmente por quartzo.

A caracterização do resíduo de porcelanato por meio da espectrometria de infravermelho pode ser visualizada na Figura 5.

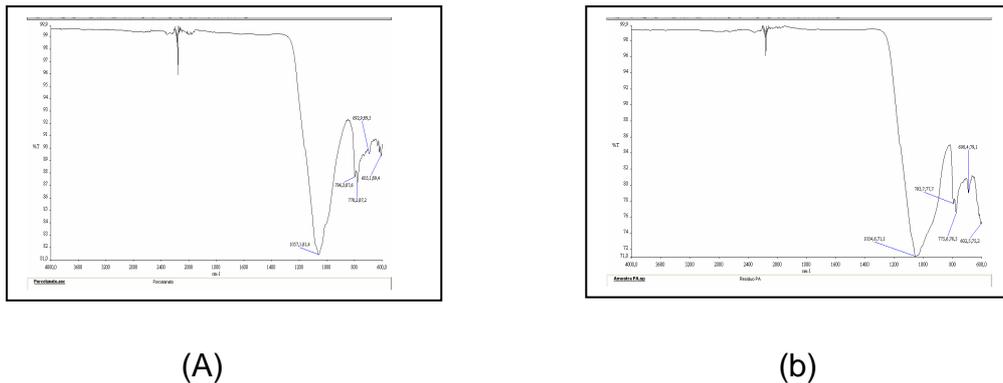


Figura 5 - Espectro de infravermelho do porcelanato polido (A) e esmaltado (B)

Nos espectros obtidos não se observam os estiramentos Al-OH entre $3700 - 3600 \text{ cm}^{-1}$ característico do mineral caulinita. Tampouco em $788, 748, 678 \text{ cm}^{-1}$ as bandas associadas à deformação de Si-O vibrações características do mineral caulinita.

As bandas 1027 e 1005 cm^{-1} estão associados ao estiramento de SiO_2 . Entretanto no espectro do resíduo de porcelanato pode-se observar as bandas em 1057 e 778 cm^{-1} característico de metacaulinita que é um material amorfo. A metacaulinita confere ao material um caráter pozolânico.

A fotomicrografia do resíduo do porcelanato polido in natura é mostrada na Figura 6.

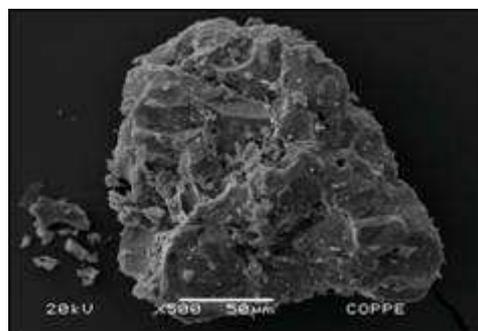


Figura 6 – Fotomicrografia do porcelanato polido

Pode-se observar uma certa textura e cristalinidade. A forma do resíduo, caracterizada pela granulometria e textura irá influenciar nas propriedades da pasta. No processo de queima do gres porcelanato a sinterização em presença de fase líquida viscosa é o processo de densificação que mais contribui para a baixa porosidade final das peças. Em geral o produto final apresenta uma microestrutura composta de poros isolados e de tamanho inferior a 15 µm,

Na figura 7 é possível observar as fotomicrografia para a mistura 50% de cimento + 50% de resíduo de porcelanato polido.

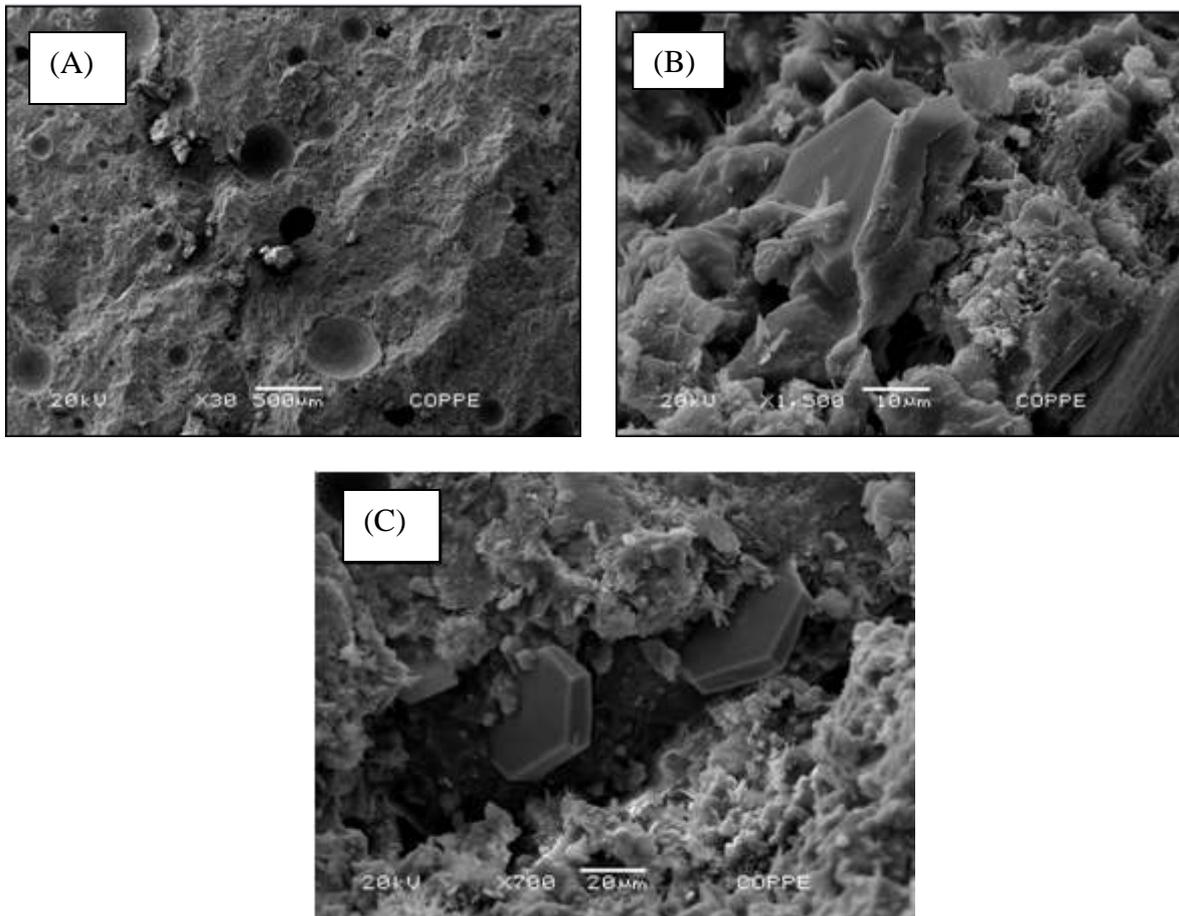
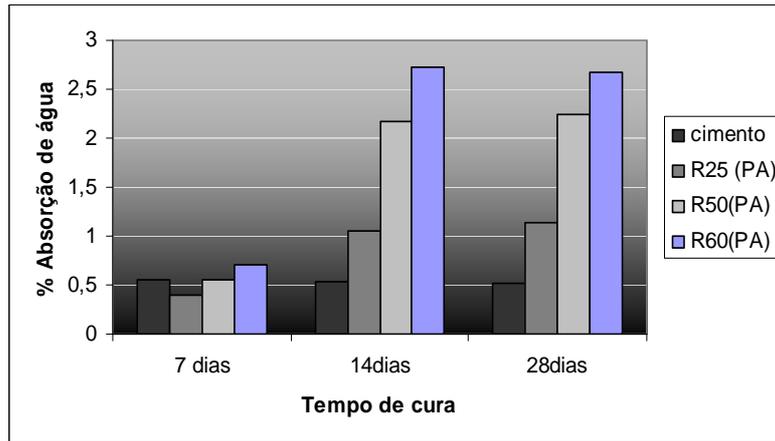


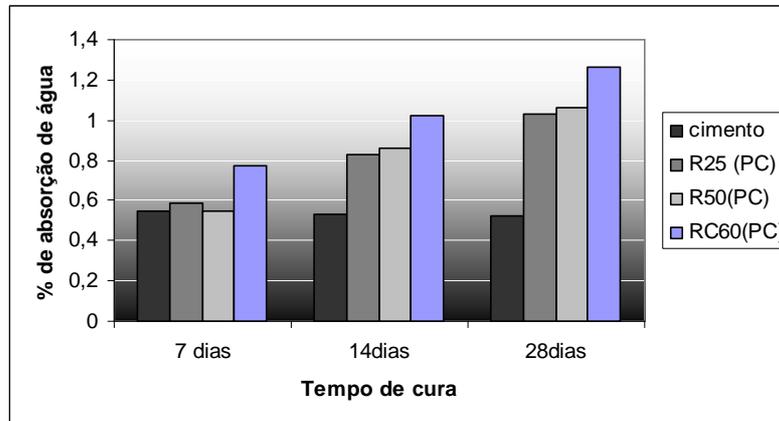
Figura 7 - Fotomicrografia da mistura 50% cimento+ 50% de porcelanato polido

Na figura (a) é possível observar a alguns poros e bolhas de ar, provavelmente decorrentes de uma falha na compactação da pasta. Nas Figuras (b) e (c) observa-se a zona de transição e os cristais de Ca(OH)_2 .

O ensaio de absorção foi realizado nos tempos de cura de 7,14 e 28 dias.



(A) - PC = porcelanto polido

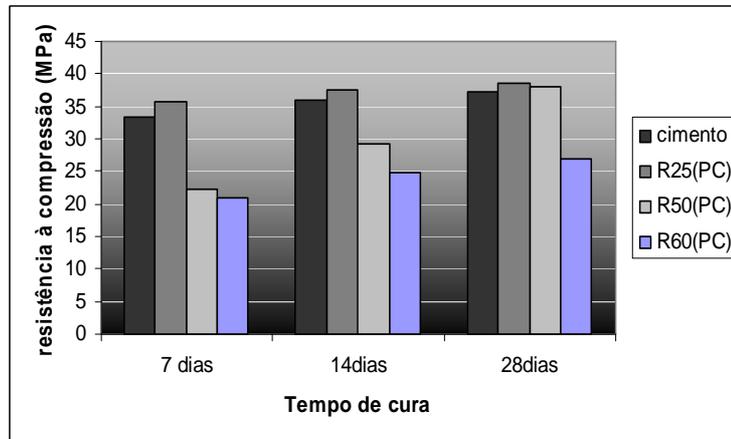


(B) - PA = porcelanato esmaltado

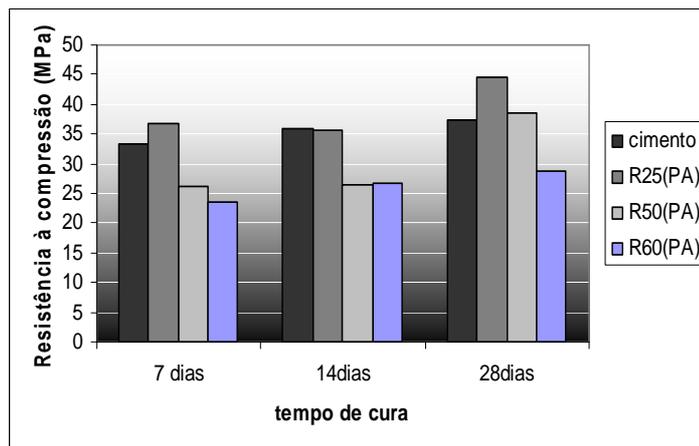
Figura 8 - Percentual de absorção de água para as misturas preparadas com os diferentes tipos de porcelanato

Verifica-se um aumento do percentual de absorção em todas as proporções pesquisadas. O comportamento em geral apresentado para as misturas desta natureza é semelhante ao apresentado pelo cimento puro. Como o corpo de prova utilizado na aquisição de dados foi o mesmo para os três dias de ensaio, verificou-se uma perda de massa no corpo de prova de uma data de ensaio para outra, refletindo no resultado encontrado. Isso ocorre porque o resíduo presente na superfície do corpo de prova quando mergulhado na água se desprende, gerando poros, que acarretam num aumento do percentual de absorção de água. Observa-se também que as pastas preparadas com o resíduo de porcelanato esmaltado absorvem um teor maior de água.

Os dados referentes à resistência à compressão para as misturas pesquisadas são mostrados na figura 9.



(A) - PC = porcelanto polido



(B) – PA = porcelanato esmaltado

Figura 9- Resistência à compressão dos corpos de prova preparados

Na análise dos dados de resistência à compressão a pasta de cimento (C-100) foi usada como padrão de comparação para as misturas preparadas. Os valores encontrados para a pasta de cimento estão de acordo com as exigências mecânicas para este tipo de cimento, CII-32F, (resistência à compressão para 3 dias \geq 10MPa, 7 dias \geq 20MPa e 28 dias \geq 32 MPa).

Nas pastas preparadas com o resíduo (R25), (R50) e (R60) verifica-se que à medida que o teor de resíduo aumenta na mistura ocorre uma diminuição da

resistência á compressão. Verifica-se ainda que o aumento de resistência da pasta com o resíduo o (R25 aos 28 dias foi mais significativo do que para as demais pastas, pois quanto menor a quantidade de resíduo presente à pasta mais rica será esta em cimento colaborando deste modo para o aumento da resistência.

De modo geral os dados de resistência à compressão das misturas preparadas mostram valores que indicam sua possível utilização como argamassas de assentamento e revestimento.

CONCLUSÃO

Uma análise conjunta dos resultados revela que o resíduo pesquisado apresenta características mineralógicas que o classifica como silico-aluminosos, quanto á composição química, responsáveis quando hidratados pela resistência mecânica desenvolvida.

As misturas preparadas com os resíduos de porcelanato apresentam desempenhos mecânico satisfatório independente de sua tipologia, capaz de produzir elementos construtivos, embora seja suscetível ao efeito de erosão causado pela água.

Apesar de valores de resistência mecânica sejam fundamentais em elementos construtivos é fundamental que o resíduo a ser utilizado seja caracterizado química e fisicamente para que se possam desenvolver materiais alternativos construtivos de qualidade.

A reciclagem de entulho ou resíduo gerado pela construção civil é bastante promissora, podendo gerar elementos de baixo custo, destinados a obras civis e, mas que isto, seu aproveitamento implica na preservação do meio ambiente e na melhora da qualidade de vida da população em geral.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ANFACER – www.anfacer.org.br
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12024**: Solocimento - Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro,1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.
- AQUINO, T.F. SANTO, A.R.M.; RIELLA, H.G. ALVES, H.J. Redução da porosidade aberta de grês porcelanto: Avaliação da eficiência do tratamento superficial através de técnicas de microscopia e análise de imagens. Cerâmica Industrial, 11 (3) maio/junho, 2006.

- MILLER, A.F., MAYO, D.W., HANNAH R.W. Course Notes on the Interpretation of Infrared and Raman Spectra John Wiley & Sons, cap. 11. Inc 2003
- NÓBREGA, R.S.N.; CARVALHO, J.C. GOUVÊA, D.; PASCHOAL, J.O.A.; LEMOS F.L.N.; MENEGAZZO, A, P.M. Grês porcelanato parte I: Uma abordagem Mercadológica, Cerâmica industrial 5, (5) set/out, 2000.
- RODRIGUES, A.M.; PINARO, S.A.; BERG, E.A.T.; SANTOS, A.H. propriedades de matérias-primas selecionadas para a produção de grês porcelanato. Cerâmica Industrial, v.9,n 1, p 33-38, 2004.

CHARACTERIZATION OF PORCELAIN TIKE WASTE AND ITS INCORPORATION TO CEMENT PASTE

ABSTRACT

Porcelain tike is a ceramic plating with water absorption lower than 0,5%, high mechanical resistance, characterized for showing dense microstructure, consisted of crystalline, mullite and quartz, submerged in a vitreous phase.

Its waste is classified as polished and non-polished. The aim of this work has been to characterize polished or non-polished porcelain tike waste and evaluate its influence on the mechanical behavior in cement pastes. The waste has been characterized through the determination of its chemical content, particle size distribution and through X-ray diffraction and scanning electron microscopy. Cement pastes + waste in the proportions of 25%, 50% and 60% have been prepared and tests for the determination of the curing time, water absorption and resistance to compression.

The results indicate that although the waste shows variations on the elementary chemical content, changes on the behavior of the cement pastes have not been observed in relation to the values of resistance to compression.

Key-words: Porcelain, cement, mortar, pozzolan.