

CARACTERIZAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE RESÍDUOS CERÂMICOS E SUA INCORPORAÇÃO À PASTA DE CIMENTO

G.A. Cunha, A.C.J. Evangelista, V.C. de 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

A cerâmica porcelanato é um produto resultante do desenvolvimento tecnológico da indústria de revestimento cerâmico. Sua grande aceitação pelo mercado consumidor provavelmente está ligada a certas propriedades, como baixa porosidade, alta resistência mecânica, facilidade de manutenção, além de ser um material de características moderna e versátil. O Objetivo deste trabalho foi caracterizar os diferentes resíduos cerâmicos (esmaltados e porcelanatos) 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, espectrometria de infravermelho e por difração de raios X. Foram preparadas pastas de cimento com os resíduos nas proporções de 25% e 50% e, realizados ensaios de determinação do tempo de pega, absorção de água e resistência à compressão. Os resultados indicam que apesar dos resíduos não apresentarem variações na composição química elementar, os mesmos apresentam alterações no comportamento das pastas de cimentos em relação aos valores de resistência à compressão.

Palavras - chave: resíduo cerâmico, porcelanato, cerâmica esmaltada

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a indústria de revestimento e pavimento cerâmico passou por uma profunda transformação tecnológica, tanto no que se refere ao processo de fabricação como as características do produto final. Na seqüência desta inovação surgiu o porcelanato, um revestimento cerâmico, que tem conquistado uma

crescente participação no mercado consumidor devidos as propriedades técnicas e estéticas oferecidas tais como absorção de água inferior a 0,5% e elevada resistência mecânica. O porcelanato é caracterizado por uma microestrutura densa, constituídas por fases cristalinas, mullita e quartzo, em quantidade minoritária, imersas numa fase vítrea majoritária (Rosso et ali.,2005,Bernardin et ali.,2006).

A utilização em larga escala de porcelanato em reformas e construções nos dias atuais gera um tipo de resíduo com características provavelmente diferenciado dos produtos cerâmicos esmaltados.

O Objetivo deste trabalho foi caracterizar os diferentes resíduos cerâmicos (esmaltados e porcelanatos) e avaliar sua influência no comportamento mecânico em pastas de cimento.

MATERIAIS E MÉTODOS

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

- Sobras da troca de uma cerâmica esmaltada
- Sobras de porcelanato
- Cimento Portland CII – 32 F Cimento Portland.

Os resíduos cerâmicos esmaltado e porcelanato foram coletados de forma aleatória e separados do entulho gerado na reforma de uma residência, em fragmentos de tamanhos variados sendo inicialmente submetidos, a processos mecânicos de quebra e moagem.

O processo de moagem iniciou-se com quebra manual com auxílio de martelo com a finalidade de adequar os resíduos à abertura de alimentação do britador de rolos e em seguida foram cominuídos em um pulverizador de disco. A após esta etapa estes fragmentos comuinuídos foram classificados granulometricamente, utilizando para isto um *rot-up*, com jogo de peneiras ABNT de 30, 50, 60, 70, 80,100, 120, 200, 230 e 270 mesh

A caracterização mineralógica destes resíduos foi feita empregando-se as técnicas de Fluorescência de raios X , Espectrometria de infravermelho e Difração de raios X.

Com a finalidade de verificar a possibilidade de usar estes resíduos como substituinte de parte do cimento Portland foram confeccionados corpos de prova com as seguintes proporções de cimento e resíduos:

Tabela 1: Composição dos corpos de prova preparados.

Sigla	Mistura	Quantidade em gramas(g)		
		cimento	resíduo	água
C-100	100% cimento	4880		1200
C25-CE	75%cimento + 25% de resíduo (CE)	3660	1220	1150
C50-CE	50% cimento + 50% de resíduo (CE)	2440	2440	1000
C25-P	75%cimento + 25% de resíduo (P)	3660	1160	1375
C50-P	50% cimento + 50% de resíduo (P)	2440	2320	1300

Onde: CE = cerâmica esmaltado e P = porcelanato

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 10 cm de altura e 5 cm de diâmetro, conforme a norma técnica NBR 7215. As amostras foram moldadas em três camadas de misturas, com espessuras aproximadamente iguais com aplicação de 20 golpes por camada utilizando um soquete metálico. A relação água /cimento + resíduo em torno de 0,25 foi necessária para garantir a homogeneidade da mistura. Após 24h os corpos de prova foram desformados 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 determinação do tempo de pega foi feita para todas as misturas propostas utilizando-se o aparelho de Vicat de acordo com a norma técnica específica MB-3434.

O fenômeno da pega do cimento compreende a evolução das propriedades mecânicas da pasta no início do processo de endurecimento, propriedades essencialmente físicas, conseqüente, entretanto, a um processo químico de hidratação. É definida como o momento em que a pasta adquire certa consistência que a torna imprópria a um trabalho conformacional(Bauer 1994).

A caracterização física e mecânica dos corpos de prova foi feita após 7 14 e 28 dias de cura por meios de ensaio de absorção de água e resistência à compressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a passagem pelo pulverizador de disco o resíduo foi peneirado em peneirador mecânico apresentando a seguinte distribuição granulométrica:

Tabela 2- Análise granulométrica dos resíduo cominuídos

Peneira (mesh)	Diâmetro(mm)	%retido(CE)	%retido (P)
30	0,59	20,11	-
50	0,30	33,49	-
60	0,25	-	48,67
70	0,21	12,6	-
80	0,177	-	8,06
100	0,149	9,59	7,11
120	0,125	-	8,53
200	0,074	9,89	11,69
230	0,062	-	8,86
270	0,053	10,17	-
fundo	<0,053	3,75	6,78

Observa-se que, 20,11 % do resíduo cerâmico esmaltados são compostos por partículas com diâmetro maior que 0,59 mm, enquanto que 55,68% estão na faixa das partículas menores que 0,30 mm e maiores que 0,14 mm. O resíduo apresenta ainda 23,89% de partículas com diâmetro menor que 0,074. Na cominuição do resíduo de porcelanato 48,67% são compostas por partículas com diâmetro maior que 0,25mm, enquanto 35,39% estão na faixa das partículas menores que 0,21mm e maiores que 0,074mm e ainda 15,64% de partículas com diâmetro inferiores que 0,074mm.

Os dados obtidos na determinação do tempo de pega das mistura cimento+ água e cimento + resíduo são mostrados na Figura1.

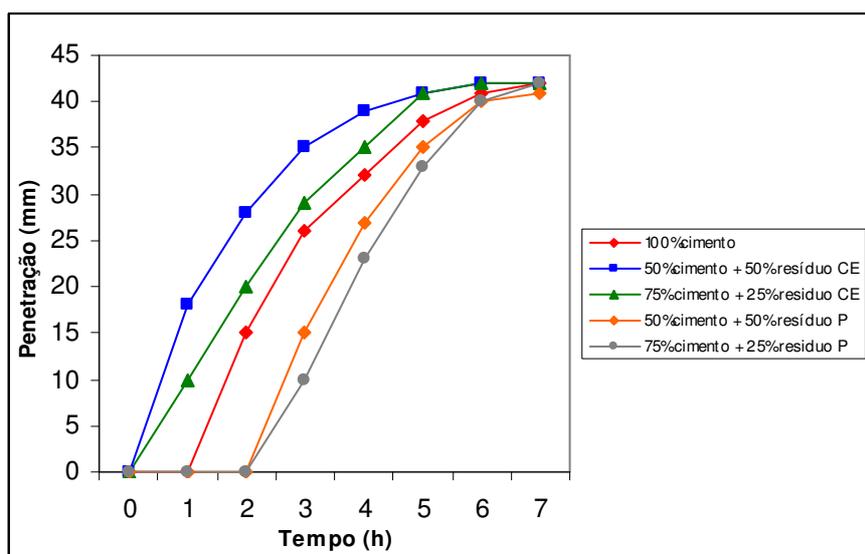


Figura 1: Determinação do tempo de pega da pasta de cimento puro e das misturas cimento + resíduo cerâmico esmaltado (CE) e cimento + resíduo de porcelanato (P).

No gráfico é possível observar que introdução do resíduo de cerâmico esmaltado (CE) à pasta de cimento provoca uma aceleração nas reações de hidratação do cimento, visto que ocorre uma diminuição do início do tempo de pega à medida que a quantidade de resíduo aumenta na mistura. Este comportamento observado pode ser atribuído ao percentual de ferro presente no resíduo (Tabela 3) que induz a uma aceleração da pega do cimento. Já para o resíduo de porcelanato (P) adicionado à pasta de cimento observa-se o retardamento destas reações. Provavelmente esse fenômeno é devido à presença de sulfato de cálcio que retarda as reações de hidratação.

A tabela 3 apresenta a análise química dos resíduos analisados obtidos por meio da técnica de fluorescência de raios X

Tabela 3- Composição química elementar do resíduo do piso cerâmico esmaltado e porcelanato

Componente	% (massa) resíduo cerâmico esmaltado	% massa resíduo de porcelanato	Componente	% (massa) resíduo cerâmico esmaltado	% massa Resíduo de porcelanato
SiO ₂	62,525	62,013	Na ₂ O	1,239	1,350
Al ₂ O ₃	20,064	23,212	P ₂ O ₅	0,089	0,078
CaO	4,717	7,467	ZrO ₂	0,786	0,423
Fe ₂ O ₃	3,383	1,901	MnO	0,045	-
K ₂ O	2,651	1,909	SrO	0,023	0,037
TiO ₂	0,659	0,568	ZnO	0,246	0,318
SO ₃	0,061	0,093	Rb ₂ O	0,015	0,011
MgO	3,491	0,620	CuO	0,006	-

Em ambos os resíduos observam-se uma elevada concentração de sílica, alumina, cálcio, ferro, magnésio, potássio e sódio. Os outros elementos aparecem em concentrações abaixo de 1%.

O teor de sílica (SiO_2) em ambos os resíduos 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.

A caracterização dos resíduos por meio da espectrometria de infravermelho podem ser visualizadas na Figura 2

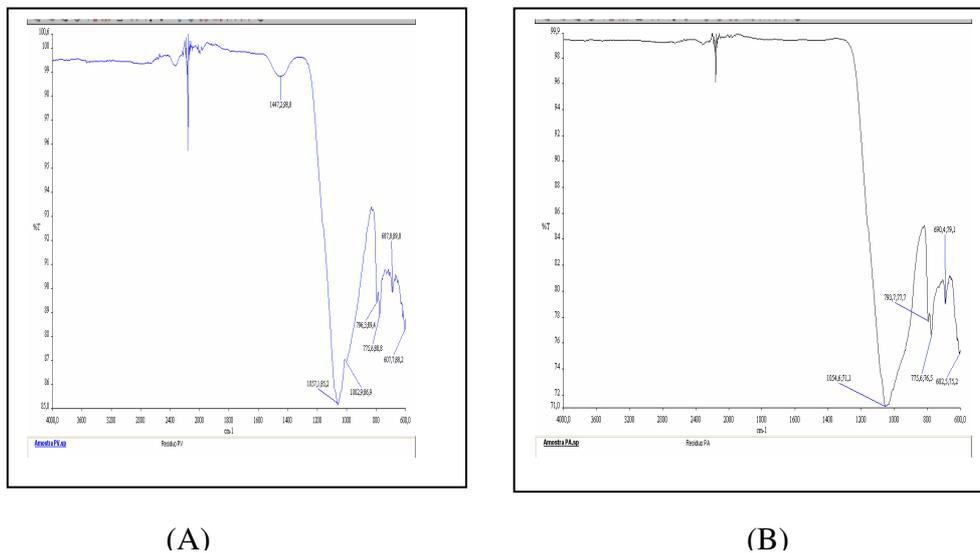


Figura 2: Espectro de infravermelho do resíduo (A) cerâmico esmaltado e (B) resíduo de porcelanato

As bandas em 1057 e 778 cm^{-1} são características de metacaulinita que é um material amorfo (Miller, A.F et ali). A metacaulinita confere ao material um caráter pozolanico.

Os difratogramas dos resíduos são mostrados na Figura 3.

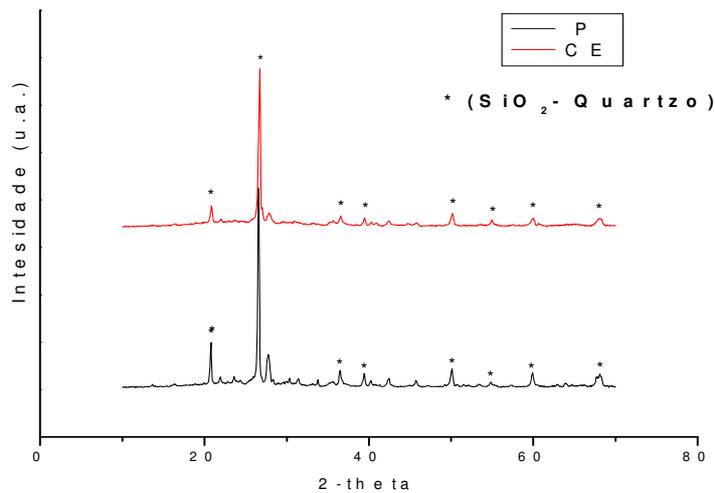


Figura 3: Difratomogramas : P = resíduo de porcelanato; CE = resíduo cerâmico esmaltado.

Em ambos os difratogramas é possível observar a presença de quartzo (SiO₂), pelo pico em 2-Theta em 26,75°, informação corroborada pela presença de outros dois picos característico do quartzo, um em 2 -theta igual a 21,00° e outro em 2 Theta igual a 50,12°.

O ensaio de absorção de água foi realizado de acordo com a Norma NBR 9937 e NBR 9777 para os tempos de cura de 7,14 e 28 dias.

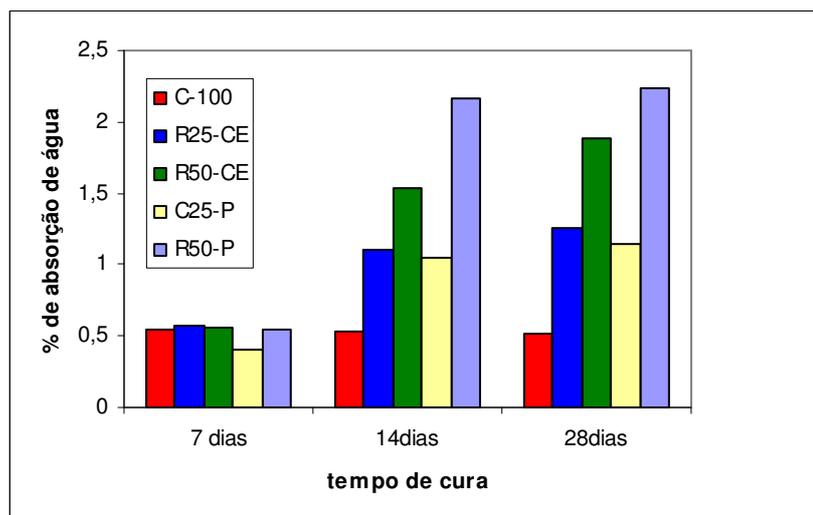


Figura 4: Percentual de absorção de água para a pasta de cimento (C -100) e para as misturas cimento + resíduo cerâmico esmaltado(CE) e cimento + resíduo de porcelanato (P).

Pelo gráfico é possível observar que para a idade de 7 dias de cura, o percentual de absorção de água é praticamente igual para todas as misturas analisadas. Para as demais idades observa-se um aumento do percentual de absorção de água para as misturas que é proporcional à diminuição de cimento nas pasta analisadas. Como o corpo de prova utilizado para a obtenção destes 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 a 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 de absorção de água.

O ensaio de resistência à compressão foi realizado segundo a Norma NBR 5739 para os tempos de cura de 7,14 e 28 dias.

Os dados obtidos para o ensaio de resistência à compressão são mostrados na figura 5.

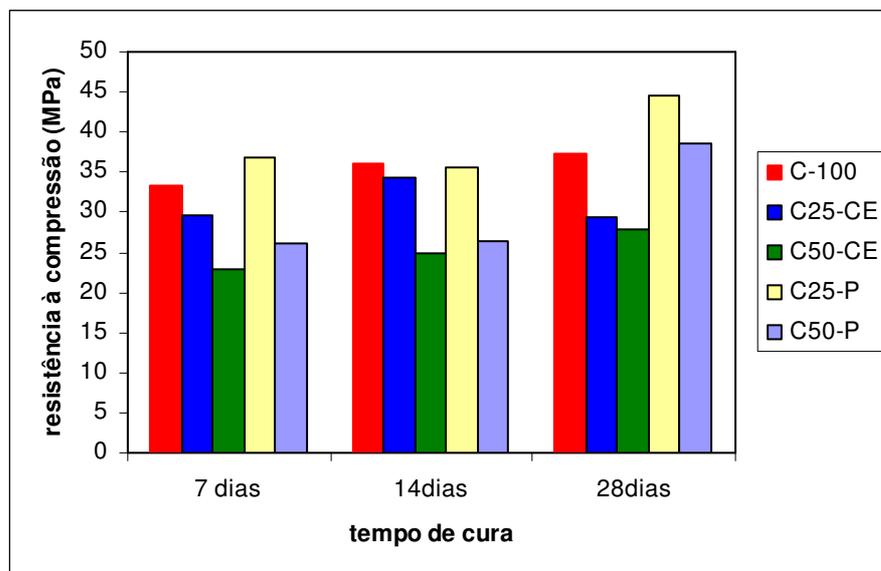


Figura 5: Resistência à compressão dos corpos de prova preparados

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 ≥ 10 MPa, 7 dias ≥ 20 MPa e 28 dias ≥ 32 MPa).

Para as pastas preparadas com o resíduo cerâmico esmaltado (C25-CE) e (C50-CE) verifica-se que à medida que o teor de resíduo aumenta na mistura ocorre uma diminuição da resistência à compressão em todos os tempos de cura. Para as

misturas preparadas com o resíduo de porcelanato verifica-se que a substituição de uma parte do cimento pelo resíduo o valor de resistência à compressão encontrado é praticamente igual ou superior a pasta de cimento. De modo geral os dados de resistência à compressão das misturas preparadas mostram valores que indicam sua possível utilização como materiais construtivos.

CONCLUSÕES

Uma análise conjunta dos resultados revela que os resíduos pesquisados apresentam características mineralógicas que os classificam como silico-aluminosos, quanto á composição química e, responsáveis quando hidratados, pela resistência mecânica desenvolvida.

As misturas preparadas com o resíduo de porcelanato apresentam valores de resistência à compressão igual ou superior a pasta de cimento.

As misturas preparadas com o resíduo cerâmico esmaltado apesar de apresentar valores de resistência à compressão inferior da pasta padrão, ainda apresenta desempenho mecânico satisfatório, capaz de produzir elementos construtivos, embora seja muito suscetível ao efeito de erosão causado pela água.

Apesar da origem cerâmica dos resíduos as pastas analisadas apresentaram características mecânicas distintas.

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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência a compressão. Rio de Janeiro, 1996.

Associação Brasileira de Normas Técnicas MB 3434 Cimento Portland-Determinação dos tempos de pega- Método de ensaio

Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 9937 e NBR 9777 ensaio de absorção de água

Bauer, L.A. F. *Materiais de Construção*. Rio de Janeiro, LTC, Livros Técnico e Científicos, 1994, 435p

Bermardin, A.M.; Silva, M.J.; Riella, H.G., Characterization of cellular ceramics made by porcelain tile residues. *Materials Science & Engineering A*, v.437, p.222-225, 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

Rosso, J.; Cunha, E.S.; Rojas-Ramirez, R.A., Características técnicas e polimento de porcelanatos, *Cerâmica Industrial*, v.10, n 4, p 11-14, 2005.

Characterization of different types of ceramic waste and its incorporation to the cement paste

The porcelain tile is a product resulting from the technological development of ceramic plating industry. Its large acceptance by the consumer market is probably linked with certain properties, such as low porosity, high mechanical resistance, facility in maintenance, besides being a material of modern and versatile characteristics. The aim of this work was characterizing the different ceramic wastes (enameled and porcelain tile) and evaluating its influence on the mechanical behavior in cement pastes. The wastes were characterized through the determination of its chemical composition, size particle distribution and X-ray diffraction. Cement pastes + wastes were prepared in 25% and 50% proportions and glue time determination, water absorption and resistance to compression assays were taken. The results indicate that although the wastes don't show any variation in the elementary chemical composition, changes in the cement paste behavior related to the values of resistance to compression were observed.

Key words: ceramic waste, porcelain tile, ceramic enamelad