

ANÁLISE QUÍMICA DE CONCRETO COM REJEITO DA CONSTRUÇÃO CIVIL DE PISO CERÂMICO

Manuel Henrique Taques Ferraz¹

Juzélia Santos da Costa²

RESUMO: Este artigo apresenta a análise química de concreto produzido com rejeito da construção civil de piso cerâmico vidrado. Para a confecção do concreto, os agregados miúdos e graúdos foram cominuídos até que tivessem granulometria similar à da areia de rio e da brita. O concreto confeccionado foi analisado pelos ensaios químicos, conforme normas da ABNT e da ASTM. A análise deteve-se à determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis; verificação da reatividade potencial pelo método químico; e reatividade potencial ASTM 1260C. Os resultados demonstram que o material em análise tem predisposição para uso como agregado em concreto.

PALAVRAS-CHAVE: Rejeito, concreto, análise química.

ABSTRACT: This article presents a chemical analysis of concrete produced with rejects of the civil construction of ceramic floor. For the confection of the concrete the small and large aggregates had been reduced until they had similar aspects of sand river granulometry and crushed stone. The confectioned concrete was analyzed by the chemical assays, as norms of the ABNT and the ASTM. The analysis lingered it the determination of leaves, soluble chlorides and sulfates, verification of the potential reactivity for the chemical method; e potential reactivity ASTM 1260C. The results demonstrate that the material in analysis has predisposition as material of reference for use as added for concrete.

KEYWORDS: Reject, concrete, chemical analysis.

1 Graduando do Curso Superior de Tecnologia em Controle de Obras do Cefet-MT. E-mail: Ferraz_159@hotmail.com.

2 Doutora em Engenharia de Materiais, pela Universidade Federal de São Carlos-SP (UFSCar); professora do Deptº de Construção Civil do Cefet-MT. E-mail: juzelia@ccivil.cefetmt.br.

INTRODUÇÃO

Desde os anos 30 do século passado, registram-se anomalias em estruturas de concreto construídas no sul do Estado da Califórnia, nos Estados Unidos da América, dentre as quais o quebra-mar, em Ventura Country; fundações de escolas, em Santa Bárbara; e a Ponte da Sixth Street, em Los Angeles. A estatística dos casos relatados aponta para vinte e cinco obras nos Estados Unidos da América, vinte e três no Canadá, doze na África do Sul, seis na Noruega, cinco no Reino Unido, cinco na França, três na Espanha, três no Brasil, duas na Índia, duas em Portugal, duas no Paquistão, e uma em cada um dos seguintes países: Argentina, Áustria, Ghana, Ilhas Jersey, Kenya, Moçambique, Nigéria, Suíça e Zâmbia/Zimbawe.

Diante desses acontecimentos históricos de obras acometidas pelas reações álcali-agregadas, que são combinações dos agregados com os álcalis do cimento que formam as reações deletérias álcali-sílica, álcali-silicato e álcali-carbonato. A manifestação da reação se dá desde a formação de expansões, movimentos diferenciais da estrutura, como fissuração, exsudação do gel e, conseqüentemente, a redução das resistências à tração e à compressão.

Os fatores que ajudam a formar as reações deletérias são: as propriedades químicas e físicas dos agregados, composição mineralógica, textura e estrutura interna, granulometria dos agregados detríticos, da solubilidade ou instabilidade química dos minerais constituintes, da porosidade, da permeabilidade, do tamanho das partículas e do seu empacotamento.

Um dos ensaios que determina os reagentes químicos do agregado que reage com o álcali do cimento é a NBR 9773 (1987), que tem com método utilizar corpos de prova prismáticos de 25 mm x 25 mm x 285 mm, empregando argamassa de tração 1:2, 25. O resultado deste ensaio é determinado de acordo com as expansões obtidas nos intervalos de 16 e 28 dias.

A reação principia com o ataque dos hidróxidos alcalinos aos minerais silicosos do agregado, formando-se um silicato alcalino nos seus

bordos, na superfície de separação agregado-cimento.

Os íons desses silicatos (sódicos ou potássicos) associam-se em íons complexos que não são capazes de se difundirem através de uma pasta endurecida de cimento. Esta pasta atua, então, como uma membrana semipermeável que permite a passagem de água e dos íons e moléculas dos hidróxidos alcalinos, mas não permite a passagem de íons complexos de silicatos, que originam, portanto, uma pressão osmótica. No espaço em que se formam os silicatos, limitado pela pasta de cimento, o produto da reação não pode sair e, à medida que aumenta a sua formação, ocupando um volume maior do que o original, cresce a pressão osmótica até provocar a ruptura da estrutura da pasta de cimento (SOUZA COUTINHO, 2005).

Nesse caso, se houver água no meio em que o concreto se encontra em contato, as moléculas deste solvente difundir-se-ão através da membrana para o silicato alcalino, gerando uma pressão que pode atingir 13,3 MPa, ou seja, uma pressão interna superior à resistência à tração do concreto. Os principais minerais que contribuem com as formas reativas de sílica ou para o suprimento de álcalis são o quartzo, opala, calcedônia, tridimita e cristobalita, feldspatos, minerais ferro-magnesianos, minerais micáceos, e os argilos minerais.

Para a complementação desse estudo, foi caracterizado o material reciclado, visando substituir o material natural (areia de rio e pedra britada) por material reciclado do rejeito de piso cerâmico vidrado, usado em concreto sem função estrutural para, com isso, diminuir a retirada da areia dos rios e, conseqüentemente, a agressão ao meio ambiente, além de buscar um aproveitamento para os rejeitos das indústrias com viabilidade econômica.

No entanto, esse estudo tem como objetivo central realizar a análise química dos agregados reciclados, que compõem o concreto reciclado, a partir dos ensaios químicos, observando se há predisposição para o uso desse agregado em concreto.

CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

CIMENTO

O cimento utilizado para a moldagem do concreto, na análise química em estudo, foi o Cimento Portland CP²² F – 32, da marca Itaú, com os dados descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Dados da caracterização do cimento Portland CII F-32.

Cimento CII F-32	
Norma Utilizada	NBR 11578
Módulo de Finura	3%
Massa Unitária Solta	1.15 g/cm ³
Massa Específica	3,20 g/cm ³

AGREGADOS

Nas Figuras 1 e 2, são apresentados os agregados reciclados vidrados (PCV miúdo e graúdo), e nas Figuras 3 e 4 são apresentados os agregados naturais (brita e areia).

Figura 1. Agregado miúdo reciclado (PCV).

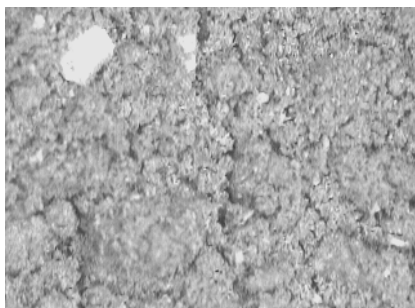


Figura 2. Agregado graúdo reciclado (PCV).



Figura 3. Areia natural.

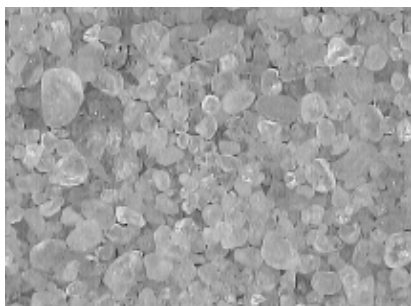


Figura 4. Brita nº 1.



O estudo dos agregados foi determinado através do ensaio de granulometria, que especifica o diâmetro máximo característico, módulo de finura, com as faixas granulométricas.

Os agregados miúdos e graúdos dos pisos vidrado e natural foram produzidos pelo equipamento Britador de Mandíbulas, atingindo a granulometria pretendida para a realização dos ensaios de caracterização.

RESULTADO DA CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO

Os agregados reciclados e naturais foram submetidos aos ensaios de caracterização, sendo assim obtidos os resultados para a sua avaliação e comparação, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultado do ensaio de caracterização dos agregados reciclados e naturais.

Propriedades	Normas	Agregado natural		Piso cerâmico vidrado	
		Areia	Brita	Miúdo	Graúdo
Diâmetro máximo (mm)	NBR NM 248	2,4	25	2,4	19
Módulo de finura	NBR NM 248	2,56	9,51	1,66	3,23
Massa específica (g/cm ³)	NBR NM 53	2,56	2,45	2,48	2,14
Índice de vazios (%)	NBR NM 53	-	1,19	-	11,24
Impureza orgânica	NBR 7220	clara	-	Clara	-
Material pulverulento (%)	NBR 7219	0,53	-	23,6	3,7
Massa unitária solta (kg/dm ³)	NBR 7251	1,56	1,38	1,30	1,26
Massa unitária compactada (kg/dm ³)	NBR7810	1,66	1,47	1,50	1,32
Absorção por imersão (%)	NBR NM 30	0,33	0,49	-	5,54
Índice de forma	NBR 7809	-	12,5 mm = 2,8	-	9,5 mm = 3,4
			19 mm = 2,3	-	12,5 mm = 4,6
Abrasão Los Angeles (%)	NBR NM 51	-	21,9	-	31
Inchamento (kg/dm ³)	NBR 6467	-	-	1,57	-
Materiais friáveis	NBR 7218	-	-	15%	16,5%

CARACTERIZAÇÕES QUÍMICAS

Para o ensaio de Reatividade Potencial (ASTM C – 1260/2001), os agregados foram preparados de acordo com as frações granulométricas da peneira da série normal de agregado miúdo. No ensaio da NBR 9917/87 – Determinação de Sais, Cloretos e Sulfatos Solúveis, a amostra de ensaio foi em cerca de 1 kg, seca em estufa a 105° C e passada na peneira da ABNT 2,4 mm; e, no ensaio da NBR 9774/87 – Verificação da Reatividade Potencial pelo Método Químico, a amostra passou na peneira de abertura nominal 0,300 mm (ABNT n° 50) e ficou retida na peneira de abertura nominal 0,150 mm (ABNT n° 100).

MATERIAIS E MÉTODOS

DOSAGEM E MISTURA DO CONCRETO RECICLADO E NATURAL

O agregado miúdo utilizado foi areia natural quartzosa, proveniente do rio Cuiabá, nas proximidades da cidade de Cuiabá-MT. Já o agregado natural graúdo utilizado foi a brita de nº 1, proveniente do município de Nobres-MT.

Para a dosagem do concreto, foi realizado um estudo do concreto com esse tipo de agregado. Neste estudo, houve três proporções de mistura com materiais, como: (R/R) – Reciclado Miúdo e Reciclado Graúdo, (R/B) – Reciclado Miúdo e Brita Britada, e (A/R) – Areia Natural e Reciclado Graúdo; para as misturas destas proporções, houve cinco modos de porcentagens para a mistura dos agregados. Os cinco modos de porcentagens (%) são:

Tabela 3. Proporções da mistura dos agregados, pelo método do empacotamento.

Miúdo	Graúdo
35	65
40	60
45	55
50	50
60	40

Para o procedimento de execução do empacotamento, misturaram-se os agregados de acordo com as proporções de mistura. Para a realização do concreto, foram obtidos os dados que tiveram o menor índice de vazios, com maior peso específico compactado.

DOSAGEM E MISTURA QUÍMICA

Na Norma ASTM C – 1260/2001, para a realização da dosagem, foi feita uma argamassa na proporção em massa (cimento, agregado) de 1:2,

25. Para a moldagem de três corpos-de-prova pesarem 440 g (de cimento) e 990 g (de agregado), graduados nas frações granulométricas na série normal, utilizou-se uma relação de água/cimento de 0,47. Para a mistura, foi colocado todo o cimento com a água num misturador mecânico, durante 30 segundos, numa velocidade de 140 rpm. Depois desse tempo, misturou-se o agregado previamente separado com a pasta de cimento no misturador, foi aumentada a velocidade de rotação para 285 rpm, por mais 30 segundos, depois o misturador foi desligado e a amostra foi posta para descansar por 90 segundos. Durante os primeiros 15 segundos, foram raspadas das laterais, com o auxílio de uma espátula, toda a argamassa que ficou aderida no recipiente do misturador. Nos outros 75 segundos restantes, a amostra descansou, coberta com um pano úmido. Depois desse passo, misturou-se por mais 1 minuto à velocidade de 285 rpm e, em seguida, efetuou-se a determinação do índice de consistência, que deve estar entre 105% a 120% em relação ao diâmetro original da base. Depois do procedimento descrito, realizou-se a moldagem no molde prismático com dimensões de 25x25x285 mm, com pinos de sustentação.

MISTURA, MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS-DE-PROVA DOS CONCRETOS RECICLADOS

A mistura foi feita em procedimento manual, e agitada por um período de 10 minutos, seguido de repouso de 1 minuto. Durante o preparo, a temperatura foi de $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (ambiente do laboratório). Após o repouso, cada concreto foi misturado por mais 3 minutos e, em seguida, pronto para a moldagem dos corpos-de-prova.

Os concretos reciclados obtiveram *slump* entre 55 a 65 mm. Os corpos-de-prova de concreto foram moldados manualmente, em cilindros de 100 mm de diâmetro por 200 mm de altura. O adensamento foi feito através de uma haste de compactação, sendo feitos, em três camadas, 25 golpes cada. A cura foi feita em câmara úmida, em tanque d'água, e os ensaios de compressão executados em prensa hidráulica aos 3, 7, 14 e 28 dias.

As descrições de cada concreto são: (CC-A/B – Concreto convencional, areia natural e brita britada); (CPCV-R/R – Concreto de piso cerâmico vidrado, agregado reciclado miúdo e graúdo); (CPCV-A/R – Concreto de piso cerâmico vidrado, areia natural e agregado reciclado graúdo); e (CPCV-R/B – Concreto de piso cerâmico vidrado, agregado reciclado miúdo, e brita britada).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

RESULTADOS DOS PRINCIPAIS ENSAIOS DO CONCRETO ENDURECIDO COM O RECICLADO (PCV) E O CONCRETO NATURAL

A Tabela 4 apresenta os resultados pertinentes ao ensaio de compressão simples, densidade e peso unitário compactado de cada concreto:

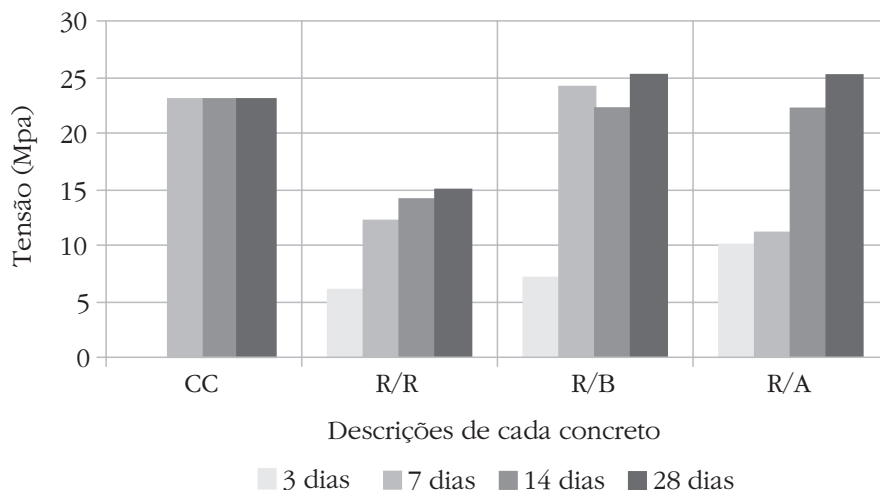
Tabela 4. Resultado dos concretos reciclados e naturais.

Tipo de Concreto Traço/Proporção	Densidade de Massa (g/cm³)	Fator a/c	Abatimento Tronco de Cone (mm) NBR NM 67 ²²	Peso Unitário Compactado (kg/dm³)	Menor Índice de Vazios (%)	Proporção Utilizada no Traço (%)
CC 1:6 – CC	2,45	0,45	45	2,12	9,95	50/50
CPCV 1:6 – R/R	2,09	1,17	60	2,11	18,30	50/50
CPCV 1:6 – R/A	2,28	0,86	65	2,14	49,50	52,5/47,5
CPCV 1:6 – R/B	2,20	0,75	55	2,08	45,10	47,5/52,5

Tabela 5. Resistência à compressão axial do concreto reciclado e do convencional.

Tipo de Concreto	Traço	Proporção	Resistência à Compressão Axial (MPa)			
			3 dias	7 dias	14 dias	28 dias
A/B	1:6	CC	-	23	23	23
CPCV	1:6	R/R	6	12	14	15
		R/B	7	24	22	25
		R/A	10	11	22	25

Figura 5. Gráfico referente ao ensaio de compressão axial dos corpos-de-prova nas idades de 7,14 e 28 dias do CPCV.



RESULTADOS DOS ENSAIOS QUÍMICOS

A Tabela 6 apresenta o resultado químico da Norma NBR 9917/87 – Agregados para Concreto –, que determina os sais, os cloretos e os sulfatos solúveis, pertinentes a cada agregado.

Tabela 6. Resultado dos ensaios químicos dos agregados reciclados e naturais.

Agregado	Natural			Reciclado Vidrado	
	Miúdo	Graúdo	Amostra branca	Miúdo	Amostra branca
Sais solúveis (%)	49,40	71,00	-	76,75	-
Cloretos solúveis	38,00	16,00	1,00	10,40	1,49
Sulfatos solúveis (%)	3,21	2,50	-	1,03	-

A Tabela 7 apresenta o resultado químico da Norma ASTM C – 1260/2001 – Reatividade Potencial do agregado reciclado e natural, e a Figura 6 apresenta a amostra em estudo depois do ensaio realizado.

Tabela 7. Resultado do ensaio químico dos agregados reciclados e naturais.

Reatividade Potencial	
Expansão (%) aos 16 dias (Areia Natural)	- 0, 001
Expansão (%) aos 16 dias (Brita Britada)	0, 030
Expansão (%) aos 16 dias (Reciclado – PCV)	0, 002

Figura 6. Amostras do ensaio de expansão (PCV).

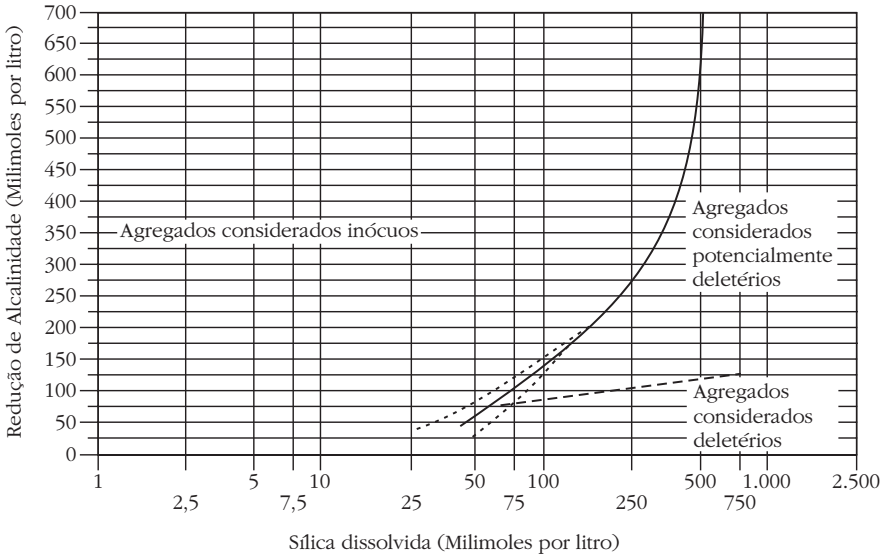


A Tabela 8 apresenta os resultados do ensaio de reatividade potencial pelo método químico dos agregados naturais (brita e areia) e do reciclado (piso cerâmico vidrado), e a Figura 7 mostra determinação dos agregados que têm predisposição de ser inócuos, ou potencialmente deletérios, e/ou deletérios.

Tabela 8. Resultados de ensaios dos agregados naturais e reciclados.

Material	Sílica dissolvida (milimoles/l)	Redução da alcalinidade (milimoles/l)
Agregado Natural (areia)	20,98	41,7
Agregado Natural (granito britado)	10,21	43,78
Agregado Reciclado (piso cerâmico vidrado)	4,66	35,90

Figura 7. Resultado do ensaio de reatividade potencial pelo método químico NBR 9774/87.



CONCLUSÃO

O resultado do ensaio químico mostra que o agregado tem a finalidade de realizar concreto sem função estrutural. A resistência do concreto reciclado aos 28 dias superou a de concreto convencional, ou seja, isso mostra a capacidade de troca dos agregados naturais pelo reciclado, para

a utilização em obras que utilizem concreto convencional.

Como resultado dos ensaios químicos, os agregados naturais apresentaram resultados distintos entre si, e o reciclado vidrado apresentou resultado maior, ou seja, ele tem predisposição para concreto sem função estrutural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. *NBR 7809*. Agregado graúdo: determinação do índice de forma pelo método do paquímetro. Rio de Janeiro, 1983.

_____. *NBR 9917*. Agregado para concreto: determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis. Rio de Janeiro, 1987.

_____. *NBR 9773*. Agregado: reatividade potencial de álcalis em combinações cimento-agregado. Rio de Janeiro, 1987.

_____. *NBR 9774*. Agregado: verificação da reatividade potencial pelo método químico. Rio de Janeiro, 1987.

_____. *NBR 6467*. Agregado: determinação do inchamento de agregado. Rio de Janeiro, 1987.

_____. *NBR 7218*. Agregado: determinação do teor de argila e torrões friáveis. Rio de Janeiro, 1987.

_____. *NBR 7219*. Agregados: determinação do teor de materiais pulverulentos. Rio de Janeiro, 1987.

_____. *NBR 7220*. Agregados: determinação de impurezas orgânicas húmicas em agregado miúdo. Rio de Janeiro, 1987.

_____. *NBR 11578*. Cimento Portland Composto – Especificação. Rio de Janeiro, 1991.

_____. *NBR 5739*. Concreto: ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994.

_____. *NBR 7251*. Agregado no estado solto: determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1995.

_____. *NBR 7810*. Agregado no estado compactado: determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1995.

_____. ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. *NBR NM 50*: determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis. Rio de Janeiro, 1996.

_____. ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. *NBR NM 30*. Agregado miúdo: determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2000.

_____. ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. NBR NM 51. Agregado graúdo: determinação da abrasão Los Angeles. Rio de Janeiro, 2001.

_____. ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. NBR NM 53. Agregado graúdo: determinação de massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2002.

_____. ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. NBR NM 67. Concreto: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2005.

_____. ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. NBR NM 248. Agregados: determinação de composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2005.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM 1260 C: standard test method for potential alkali reactivity of aggregates. [s.l.], 2001.

SOUZA COUTINHO, *Concreto, ensino, pesquisa e realizações*. In: ISAIAS, Geraldo Cechella. (Org.). *Concreto, ensino, pesquisa e realizações*. São Paulo: Ibracom, 2005.