

ANÁLISE QUÍMICA DO AGREGADO DOS REJEITOS DE PISO CERÂMICO PARA A PRODUÇÃO DE CONCRETO E ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO ¹

Manuel Henrique Taques Ferraz²

Eder Sousa Almeida²

Juzélia Santos da Costa³

Resumo

Esta pesquisa apresenta a análise química do agregado de rejeito da indústria de piso cerâmico, com objetivo conhecer as características do material como agregado para concreto e argamassa de revestimento, visando fornecer ao setor da construção civil um produto de baixo custo e com qualidade, minimizando a utilização dos recursos naturais disponíveis, substituindo os materiais naturais (areia de rio e pedra). Para a confecção tanto do concreto, como da argamassa, a partir do material reciclado, os agregados foram reduzidos até que tivesse granulometria, próxima da areia de rio e da pedra. A amostra de piso cerâmico foi caracterizada e analisada quimicamente por meio de ensaios químicos, conforme normas da ABNT e da ASTM. As análises detiveram-se à determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis, verificação da reatividade potencial do agregado pelo método químico e a reatividade potencial álcali agregado. Desta forma os resultados da caracterização química e física indicaram a predisposição do material para ser utilizado como agregado em argamassa de revestimento e em concreto, devido à disponibilidade dos resíduos, as boas propriedades apresentadas e os ganhos em custos, além do gerenciamento ambiental, que favorecem a viabilidade do processo de reciclagem dos rejeitos cerâmicos em argamassa.

Palavras-chave: Piso cerâmico; Agregado; Concreto; Argamassa de revestimento.

ANALYSIS OF CHEMICAL OF AGGREGATE REJEITOS OF FLOOR CERÂMICO FOR PRODUCTION OF CONCRETE AND ARGAMASSA FOR REVESTIMENTO

Abstract

This research presents the chemical analysis of the household, reject the industry of ceramic floor, in order to know the characteristics of the material as aggregate for concrete and mortar, coating, aiming to provide the industry a product of the construction of low cost and quality, minimizing the use of natural resources available, replacing the natural materials (sand, stone and river). To make up much of the concrete, as the mortar from the recycled material, households have been reduced until they had size, close to the river of sand and stone. A sample of ceramic floor was chemically analyzed and characterized by chemical tests, as rules of ABNT and ASTM. Analyses arrested to the determination of salts, soluble sulphates and chlorides, checking the reactivity potential of the cluster method and chemical reactivity potential alkali aggregate. Thus the results of chemical and physical indicated the predisposition of the material to be used as aggregate in the coating of mortar and concrete, due to the availability of waste, the good properties presented and the gains in costs, in addition to environmental management, which favor the viability of the process of recycling of tailings into ceramic mortar.

Key words: Ceramic floor; Aggregate; Concrete; Mortar of coating.

¹ *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

² *Curso de Tecnologia em Controle Obras, Estudante, Centro Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso, CEFET-MT. End. Rua Luis de Castro Pereira, 434, Cidade Alta, CEP 78030-270, Cuiabá – MT, E-mail: Ferraz_159@hotmail.com; eder.tecnologo@hotmail.com.*

³ *Doutora em Ciência dos materiais, Departamento de Construção Civil, DACC, Centro Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso, CEFET-MT, Rua Zulmira Canavarros, 95, centro, CEP: 78005 – 200, Cuiabá-MT, E-mail: juzeliasc@gmail.com*

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção produz volume de rejeitos elevados, sendo necessário encontrarem soluções para diminuir a agressão ao meio ambiente através dos rejeitos que são jogados em lugares inapropriados. Desta forma estudos estão sendo realizados com o intuito de se reaproveitar resto de materiais provenientes das obras e também das indústrias ceramistas como matéria-prima na construção civil. Um dos materiais componentes da construção que está passando por tais estudos é o revestimento cerâmico. De acordo com dados da Anfacer⁽¹⁾ e Gaspar,⁽²⁾ as indústrias ceramistas produzem aproximadamente cerca de 600 milhões de metros quadrados de material por ano. Devido ao grande volume algumas empresas trabalham com a possibilidade de admitir perdas totais na ordem de 1 a 2 por cento, nunca excedendo esse limite. Considerando que um pólo tem a produção anual de 200 milhões de metros quadrados (cerca de 40% da produção nacional), e perda anual de 1,5 por cento, a produção a ser descartada será de 3 milhões de metros quadrados, equivalentes a 45 mil toneladas de material por ano, supondo o peso médio de 15 quilos por metro quadrado. A moagem desse material para a obtenção de agregado miúdo pode fornecer cerca de 35 mil metros cúbicos anuais de material descartado.

Desta forma para se introduzir materiais reciclados como matéria prima na construção, é preciso classificá-los em função de suas características físicas e químicas, tendo como comparativo o material natural. Sabendo que para a produção de um componente a ser utilizado em construção deve ser feita cuidadosamente, se fazendo necessário conhecer as características dos materiais que vão constituir o produto, de modo que, materiais de péssima qualidade resultam em produtos de péssima qualidade. O setor da construção é um dos quais se exige maior controle de qualidade nos materiais empregados, sendo que este evoluiu muito nos últimos anos, surgindo tecnologias capazes de acelerar e melhorar os processos construtivos, proporcionando maior durabilidade e qualidade às obras. Entretanto, juntamente com essas tecnologias foi preciso desenvolver métodos de análise para controlar e comprovar a qualidade dos produtos a serem comercializados, já que a vida útil de um empreendimento está ligada aos estudos na fase de viabilidade, projeto básico e no acompanhamento da construção. Assim um problema que há anos é objeto de preocupação do setor da construção, principalmente no que diz respeito a estruturas de concreto e argamassas de revestimentos são as reações álcali-agregado. Segundo Gamino,⁽³⁾ essa reação é um fenômeno químico que ocorre entre determinados minerais potencialmente reativos do agregado e álcalis provenientes de alguns cimentos e outras fontes.

A reação álcali-agregado é um processo químico em que os constituintes dos agregados passam a reagir com hidróxidos alcalinos do cimento, água de amassamento, materiais pozolânicos, e fatores externos, dentre outros, que estão dissolvidos nos poros do cimento. Como fruto da reação forma um gel higroscópico expansivo, que provoca desde expansões, movimentos diferenciais na estrutura e fissuramentos, com redução das resistências à tração e a compressão axial do concreto e da argamassa. Isaia⁽⁴⁾ afirma que, em estudos de Thomas Elwood Stanton, nos anos 40, do século passado, há registros nos anos 30 anormalidades em estruturas de concreto, no estado da Califórnia, nos Estados Unidos, e em muitos outros lugares do mundo. Essas anormalidades na verdade, são fissuras provocadas pelas reações álcali-silica, álcali-silicato e álcali-carbonato.

Já no Brasil, Isaia⁽⁴⁾ diz que a primeira detecção dessas patologias deve-se a

estudos de Gitahy e Ruiz em 1963, com registros na construção da Barragem de Jupia, no rio Paraná, em que, sendo feita a análise do agregado utilizado constatou-se que havia na sua composição presença de materiais reativos ao cimento. Em comparação com os estudos de Stanton e Ruiz demonstrou que certas substâncias encontradas no agregado analisado tem predisposição de reação com o cimento, substâncias com formas de quartzo, calcedônia, e tridimita, dentre outros. Em decorrência desse fenômeno de reação em concretos, teve início a utilização de compostos de material pozzolânico na composição de concretos, com importância de inibição da reação-expansiva em estruturas de concreto. Ruiz, “a adição de pozzolana reduz o calor de hidratação do aglomerante, aumenta a resistência dos concretos a partir de um ano de idade, melhora a trabalhabilidade e aumento da resistência ao ataque de águas agressivas”

As propriedades químicas e físicas do agregado são dirigidas pela composição mineralógica, como: textura, estrutura, granulometria, caracterização de britagem das rochas. Assim para que venha ocorrer a reação álcali-agregado é preciso depender da solubilidade ou instabilidade química dos materiais constituintes, como porosidade, permeabilidade, e do tamanho das partículas, massa específica e por fim o empacotamento.

Para que venha ocorrer o desencadeamento das reações álcali-silica em estruturas ou revestimentos é preciso obter sílica reativa do agregado, teor de álcalis do cimento Portland elevado e umidade suficiente para a reação. Um exemplo da contaminação dos agregados por cloretos, é a água do mar, esta pode contribuir com elevada porcentagem de álcalis no concreto podendo ocasionar risco de corrosão das armaduras do concreto (Cement & Concrete Association of New Zealand).⁽⁵⁾

O objetivo desse estudo foi caracterizar o material reciclado quimicamente visando conhecer essas propriedades e avaliar a probabilidade da ocorrência da reação álcali-agregado. Além disso, tem a intenção da utilização do material reciclado em substituição ao material natural (areia de rio e pedra britada) para a composição de concreto sem função estrutural e argamassas de revestimento, diminuindo desta forma a retirada da areia dos rios e conseqüentemente a agressão ao meio ambiente. Além disso, busca-se um aproveitamento para os rejeitos das indústrias cerâmicas com viabilidade econômica.

2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

2.1 Agregado

A caracterização dos agregados foi determinada através do ensaio de granulometria, que determina o diâmetro máximo característico, módulo de finura, e os limites granulométricos. Os agregados graúdos e miúdos do piso cerâmico foram produzidos por britagem e moagem por meio do equipamento Los Angeles e britador de mandíbula atingindo a granulometria pretendida para realização dos ensaios de caracterização, próxima ao dos agregados naturais.

As curvas granulométricas dos agregados miúdos e graúdos do material reciclado e do material natural estão apresentadas nas Figuras 1, 2, 3 e 4, podendo assim ser feita a comparação entre as características dos materiais. Na Tabela 1 estão os valores dos ensaios físicos referentes ao agregado reciclado e natural.

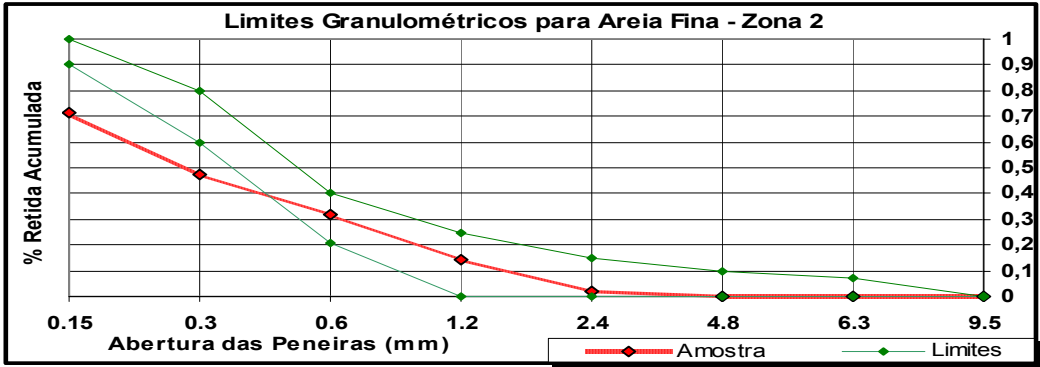


Figura 1. Curva granulométrica de agregado miúdo reciclado de piso cerâmico.

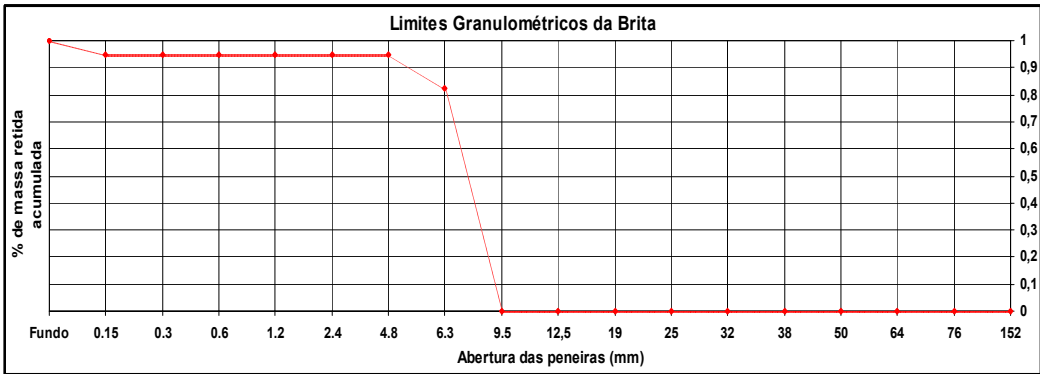


Figura 2. Curva granulométrica de agregado graúdo de piso cerâmico.

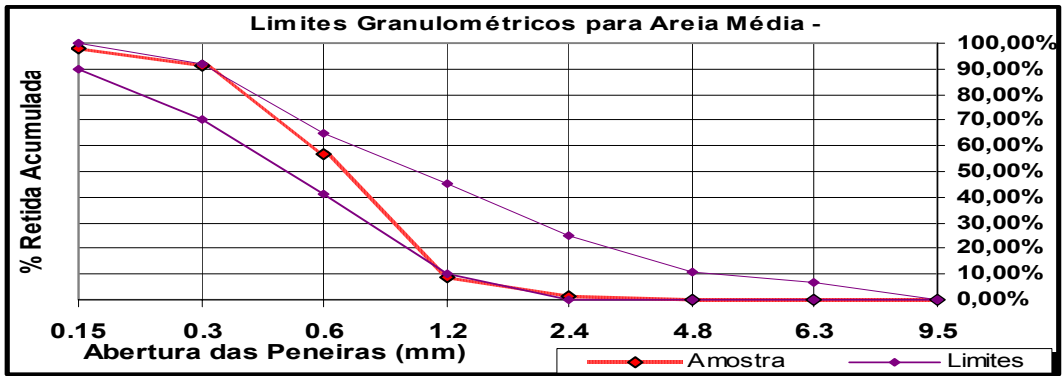


Figura 3. Curva granulométrica de agregado miúdo natural areia quartzosa.

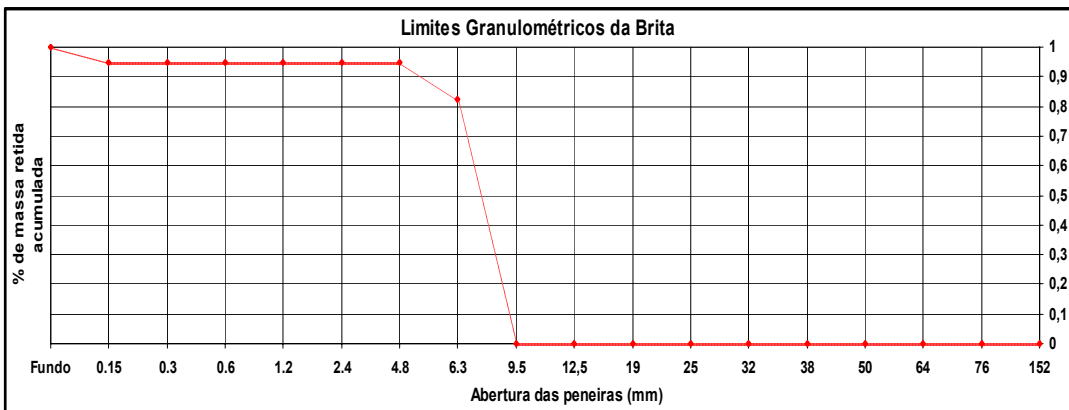


Figura 4. Curva granulométrica de agregado graúdo natural brita britada.

Tabela 1. Ensaio de caracterização físicas dos agregados.

Propriedades	Agregado natural		Piso Cerâmico	
	Areia	Brita	Miúdo	Graúdo
Diâmetro máximo (mm)	2,4	19	2,4	19
Módulo de finura	2,56	9,51	1,66	3,23
Massa específica (g/cm ³)	2,56	2,45	2,48	2,14
Índice de vazios (%)	-	1,19	-	11,24
Impureza orgânica	Clara	-	clara	-
Material pulverulento (%)	0,53	-	23,6	
Massa unitária solta (kg/dm ³)	1,56	1,38	1,30	1,26
Massa unitária compactada (kg/dm ³)	1,66	1,47	1,50	1,32
Absorção por imersão (%)	0,33	0,49	5,54	
Índice de forma	2,55		4,00	
Abrasão Los Angeles (%)	-	21,9	-	31
Inchamento (kg/dm ³)	-	-	1,57	-
Materiais Friáveis	-	-	15%	16,5%

2.2 Cimento

O cimento utilizado para a moldagem do concreto, e da argamassa, para a análise química em estudo foi o Cimento Portland CII F – 32, da marca Itaú, com os dados descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Características físicas e mecânicas do cimento CP II F 32.

Características e propriedades		Norma	Unidade	Resultado
Finura (resíduo na peneira 75 µm).		NBR 11579	%	3,0
Área de Blaine		NBR NM 76	m ² /kg	360
Tempo de início e fim de pega	Início de pega	NBR 11581	h	2h 35min.
	Fim de pega		h	4
Perda ao fogo		NBR 5743	%	0,47
Massa específica		NBR NM 23	Kg/dm ³	3,20
Expansividade a frio e a quente	frio	NBR 11582	mm	2,30
	quente		mm	3,60
Resistência à compressão	3 dias	NBR 7215	MPa	15,00
	7 dias		MPa	24,00
	28 dias		MPa	38,00

2.3 Cal

A cal usada durante a realização desse estudo foi a cal do tipo calcítica CH III, de embalagem de 20 kg. Esta teve sua caracterização feita em laboratório, estando esses valores apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Características da cal calcária CH III.

Características e propriedades CH - III		Norma	Valor de norma	Resultado
Estabilidade		NBR9205	Sem defeito	Sim
Área de Blaine (m ² /Kg)		NBR NM76	-	883
Massa unitária no estado solto (Kg/dm ³)		NBR 7251	-	0,70
Massa específica (Kg / dm ³)		NBR NM23	-	2,67
Finura	Peneira ABNT 0,6 mm	NBR 9289	0,5%	0,35 %
	Peneira ABNT 0.075 mm		15%	13%
Plasticidade		NBR 9206	110	136
Incorporação de areia (Kg)		NBR 9207	2,2	2,7
Índice de retenção de água		NBR 9290	80%	87%

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Concreto

3.1.1 Dosagem e mistura do concreto reciclado

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 pedra britada de n° 1, proveniente do município de Nobres-MT.

Para a dosagem do concreto foi realizado um estudo de empacotamento das partículas dos agregados. Neste estudo houve três tipos 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. Essas misturas foram executadas conforme as proporções apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. 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 preparo do concreto foram utilizados dentre as proporções, as que tiveram o menor índice de vazios, realizando a mistura de agregados secos e realizando sucessivos ensaios de massa unitária (duas amostras), com diferentes tipos de agregados, conforme as proporções, juntamente com os modos de porcentagens.

3.1.2 Mistura e moldagem e cura dos corpos de prova do concreto

A mistura foi feita em procedimento manual, e misturada por um período de 10 minutos, seguido de repouso de 1 minuto. A temperatura durante o preparo foi de 35°C ± 2°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 corpos de prova de concreto foram moldados manualmente, em moldes de 100 mm de diâmetro por 200 mm de altura, segundo a norma NBR 5739. O adensamento foi feito através de uma haste de compactação, sendo feita 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.

3.2 Argamassa de Revestimento

3.2.1 Dosagem e mistura

A argamassa foi produzida com o material miúdo do piso cerâmico misturado com os dois aglomerantes, cimento e cal. Foi utilizado o traço unitário de 1:2:9, tendo como base para determinação da quantidade de materiais a densidade de cada material. A mistura dos materiais foi feita de maneira manual, sendo produzida uma argamassa intermediária, misturando a cal, o agregado e parte da água, deixando essa mistura em repouso no mínimo 24 horas. Após isso foi acrescentado o cimento e a quantidade de água que restava obtendo desta forma a argamassa final.

3.2.2 Moldagem e cura dos corpos de prova

Os corpos de prova de argamassa foram moldados manualmente, em moldes de 50 mm de diâmetro por 100 mm de altura de acordo com a NBR 5738. O adensamento foi feito com uma haste de compactação, sendo feita em três camadas 30 golpes cada. A cura foi feita ao ar livre. Os ensaios de resistência à compressão axial e diametral foram executados em prensa elétrica sendo realizados nas idades de 7, 14 e 28 dias. O ensaio de absorção por imersão também foi realizado em cada idade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Propriedades Químicas do Agregado

As investigações químicas dos agregados foram realizadas por meio de ensaios de laboratório, sendo obtidos os resultados para avaliação detalhada do material. A Tabela 5 apresenta os resultados dos ensaios químicos realizados em laboratório com cada agregado em estudo. A Figura 5 apresenta o gráfico referente aos resultados do ensaio de reatividade potencial ASTM 1260, em que ao se plotar os valores se obtém a partir da curva a classificação química do agregado quanto a sua reatividade.

Tabela 5. Resultado dos ensaios químicos dos agregados reciclados e naturais.

Ensaio	Resultados			Norma
	Agregados			
	Areia de Rio	Brita	Piso Cerâmico	
Sais solúveis (%)	49,40	71,00	76,75	NM 50
Cloretos solúveis	38,00	16,00	10,40	NM 50
Sulfatos solúveis (%)	3,21	2,50	1,03	NM 50
Sílica dissolvida	7,77	10,21	4,66	NM 28
Redução de alcalinidade	26,53	43,78	35,90	NM 28
Reatividade Potencial cimento-agregado (%)	16 dias	0,023	0,023	ASTM C 1260
	28 dias	0,023	0,023	

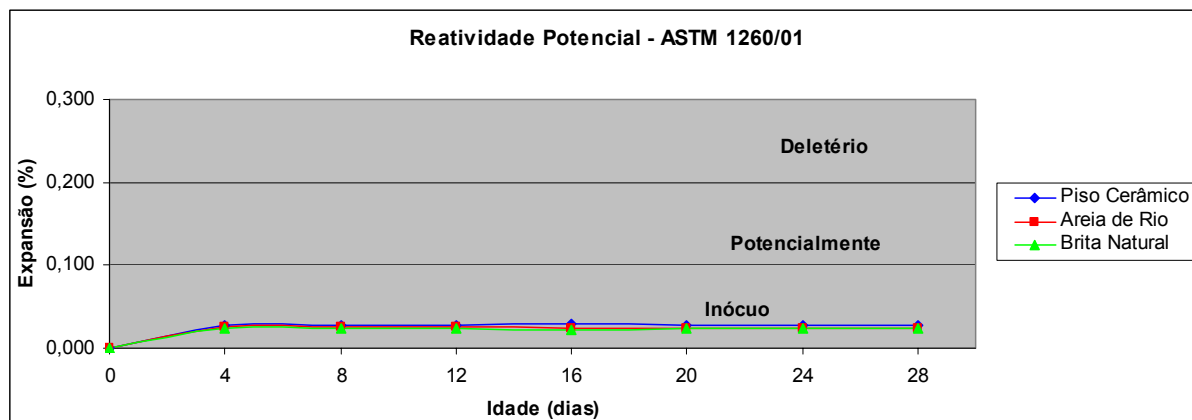


Figura 5. Curva de expansão referente aos agregados naturais e reciclados.

Analisando os resultados da Tabela 5, o resultado se apresenta de forma satisfatória, apesar de mostrar resultados bastante elevados, em diferentes processos de determinação da reatividade potencial. Mas analisando os resultados do ensaio da Norma ASTM 1260 (Reatividade Potencial cimento-agregado), em gráfico, percebe-se que, tanto o material reciclado como o material natural apresenta resultados na expansão inócuo, ou seja, o agregado estudado não se apresenta na forma reativa tanto em utilização, em forma de composição graúda e miúda, para confecção de argamassa e concretos. No término do ensaio, para análise das amostras, verificou-se que todos os corpos de prova ensaiados apresentavam fissuras devido ao processo pela reação do hidróxido de sódio com a amostra ensaiada.

4.2 Propriedades Físicas do Concreto e da Argamassa

4.2.1 Concreto

Foi produzido também o concreto a partir da combinação dos materiais reciclados com o natural de acordo com as descrições a seguir: **(CC-A/B)** – (Concreto convencional, areia natural e brita); **(CPC-R/R)** – (Concreto de piso cerâmico agregado reciclado miúdo e graúdo); **(CPC-A/R)** – (Concreto de piso cerâmico, areia natural e agregado reciclado graúdo); e **(CPC-R/B)** – (Concreto de piso cerâmico, agregado reciclado miúdo, e brita). Os resultados são densidade, peso unitário compactado dos concretos esta apresentado na tabela 6.

Tabela 6. Resultado dos concretos reciclados e naturais.

Tipo de Concreto Traço/Proporção	Densidade de Massa (g/cm ³)	Fator a/c	Abatimento Tronco de Cone (mm)	Peso Unitário Compactado (kg/dm ³)	Proporção Utilizada no Traço
CC 1:6 – CC	2,45	0,45	45	2,12	35/65
CPCV 1:6 – R/R	2,09	1,17	60	2,11	50/50
CPCV 1:6 – R/A	2,28	0,86	65	2,14	52,5/47,5
CPCV 1:6 – R/B	2,20	0,75	55	2,08	47,5/52,5

Um concreto de boa qualidade deve apresentar propriedades que contribuam para sua durabilidade e também do empreendimento a ser executado. A propriedade que mais se almeja na execução de um concreto é a resistência a compressão, pois esse produzirá componentes estruturas que provavelmente suportar esforços compressíveis. Desta forma realizou o ensaio de resistência a compressão simples do concreto natural (CC), do concreto reciclado (CPC - RR) e dos concretos produzidos a partir das misturas entre os agregados reciclados com os naturais (CPC – AR e CPC-RB). Os valores de ensaio são apresentados na Tabela 7, e estes representados a graficamente na Figura 6.

Tabela 7. Resistência à compressão axial do concreto.

Concreto	Resistência a Compressão Axial (MPa)			
	3 dias	7 dias	14 dias	28 dias
CC	23 MPa aos 28 dias			
CPC - R/R	6	12	14	15
CPC - R/B	7	24	22	25
CPC – A/R	10	11	22	25

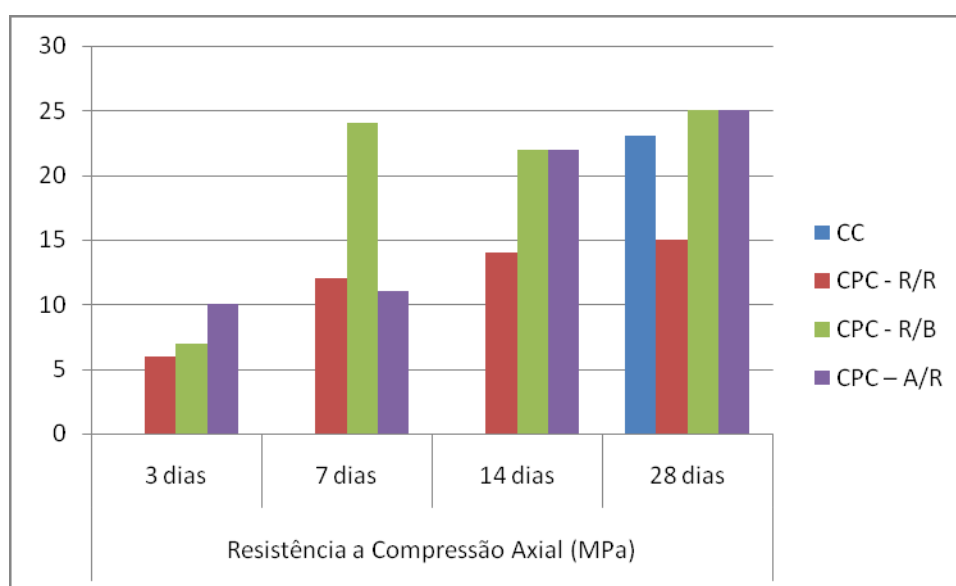


Figura 6. Gráfico referente ao ensaio de compressão axial dos corpos de prova nas idades de 3,7 e 14 dias do CPC.

Fazendo as comparações apenas entre os resultados dos concretos é possível analisar que, as resistências do concreto de cada proporção variaram, de acordo com a data do rompimento proposto, sendo o CPC-RB. A explicação para tal valor pode ser atribuir a uma maior interação entre agregado e aglomerante, devido à boa combinação entre os agregados que gerou um menor índice de vazios.

4.2.2 Argamassa

A argamassa em se tratando de um produto de revestimento deve apresentar propriedades que proporcionem bom acabamento, segurança e qualidade para obra. Desta forma propriedades como resistência a compressão axial, aderência,

absorção e a capacidade de retenção de água são essenciais para a qualidade do produto. Visando avaliar a qualidade e o melhor conhecimento das diversas propriedades do material, foram realizados ensaios de laboratório para verificação dessas propriedades mecânicas em comparação a argamassa produzida, sendo os resultados apresentados nas Tabelas 8 e 9 e na Figura 7.

Tabela 8. Características físicas da argamassa.

Tipo de Argamassa/ Traço	Densidade de massa (g/cm ³)	Fator a/c	Consistência em mesa de abatimento (mm)	Retenção de Água (%)	Absorção de Água por imersão (%) aos 28 dias
Piso Cerâmico 1:2:9	1,87	3,65	245	99,3	16
Areia de Rio 1:2: 9	1,96	2,63	261	99,6	10
Norma	NBR 13278	-	NBR 7215	NBR 13277	NBR 9778

Tabela 9. Resistência à compressão axial.

Resistência à Compressão Axial (MPa) – NBR 5739					
Piso Cerâmico			Areia de rio		
7 dias	14 dias	28 dias	7 dias	14 dias	28 dias
2	2	3	3	3	4

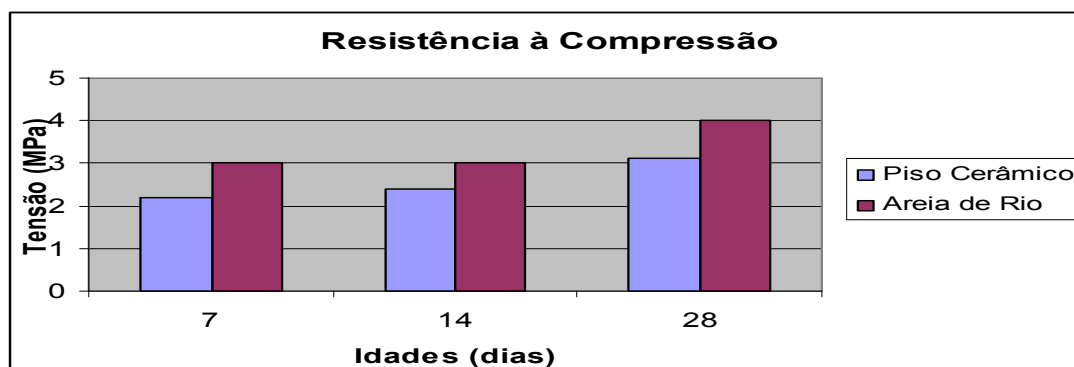


Figura 7. Gráfico referente ao ensaio de compressão axial nas idades de 7, 14 e 28 dias do agregado natural e reciclado.

Diante dos resultados da caracterização mecânica das argamassas reciclada e natural, vê-se que ambas tem propriedades semelhantes, estando a resistência à compressão axial da argamassa reciclada abaixo da resistência da argamassa natural, mesmo assim ainda satisfatória. Em relação a propriedades físicas da tabela 8, vê-se que a argamassa reciclada apresenta maior taxa de absorção de água, isso ocasionado pelo elevado teor de água absorvido pelo agregado, fato que aumenta a porosidade do revestimento. Entretanto avaliadas as demais propriedades físicas da argamassa reciclada, percebe-se a qualidade do material, pois estas se mostram coerentes com as propriedades do material natural, sendo essas usadas como parâmetros de aceitação. Desta forma se tem mais um ponto positivo no que diz respeito à utilização de reciclados na construção civil.

5 CONCLUSÃO

O estudo aqui desenvolvido oportunizou um maior conhecimento das características do agregado produzido a partir do piso cerâmico, conhecendo-se as espécies químicas presentes no material que podem vir a interferir na qualidade da argamassa de revestimento e do concreto. Fazendo comparações entre os ensaios com agregados e as análises dos concretos e argamassas, concluiu-se que os materiais apresentam características semelhantes, onde não apresentam reativamente potencial que possam vir a intervir na durabilidade e demais propriedades tanto da argamassa de revestimento como no concreto. Além disso este estudo vem confirmar que, o piso cerâmico tem predisposição para ser utilizado em substituição ao agregado natural na produção de aglomerados de revestimento e concretos, sendo que estes terão menor custo e ainda ajudarão a diminuir a degradação do meio ambiente.

Agradecimentos

Prof^a. doutora em ciência de materiais Juzélia Santos da Costa (Orientadora).
Centro Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso (CEFET MT).
Departamento da área de construção civil.

REFERÊNCIAS

- 1 ANFACER – Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento – Desempenho. Disponível em: <http://www.anfacer.org.br>, acesso em: 27/07/2007.
- 2 GASPAR, L.A. J. et all. Panorama atual do pólo cerâmico de Santa Gertrudes em função de novos estudos mineralógicos e texturais da matéria-prima utilizada na indústria de revestimentos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 41, 1997, São Paulo, SP. Anais... São Paulo: ABC, p. 696 – 699. 1997.
- 3 GAMINO, AL. Ensaio para determinação da potencialidade de ocorrência de reações álcali-agregado, proposições para a conservação de estruturas afetadas, ocorrência em barragens de concreto. Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Engenharia Civil. São Paulo, 2000. Disponível em: http://www.lmc.ep.usp.br/people/gamino/Gamino_Trab_Form.pdf, acesso em: 21/07/2007.
- 4 ISAIA, GC. Capítulo 34 – Inspeção e Diagnóstico de Estruturas de Concreto Afetadas pelas Reações Cimento-agregado. Concreto, Ensino, Pesquisa e Realizações. Universidade Presbiteriana Mackenzie, Ibracon, 2005.
- 5 AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. State-of-the-Art Report on Alkali-aggregate Reactivity. ACI 221.1R-98. ACI Manual of Concrete Practice v.1, 2005.