

ESTUDO DO APROVEITAMENTO DE REJEITOS DE PORCELANATO COMO AGREGADO MIÚDO EM LAJOTAS

Juliano Baesso Bez Fontana¹, Agenor De Noni Jr²

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

⁽¹⁾ juliano_bezfontana@hotmail.com; ⁽²⁾ agenor.denoni@gmail.net

RESUMO: Na fabricação de revestimentos cerâmicos uma parte das peças não atinge o nível de qualidade necessário para sua comercialização. A reciclagem destas peças requer que as mesmas passem por um processo de britagem. Especificamente no caso de peças de porcelanato, após a britagem o material adquire características granulométricas semelhante ao agregado miúdo. O objetivo do trabalho foi avaliar seu uso em substituição ao agregado miúdo em argamassa e lajotas. O rejeito de porcelanato britado (RPB) foi adicionado em substituição da areia em proporções de 25%, 50% e 75% em traço de argamassa de 1:4:0 (cimento/areia/RPB). Os testes foram realizados em corpos de prova cilíndrico com diâmetro de 50 mm e altura de 100 mm. Para aplicação, efetuou-se testes industriais em empresa de fabricação de lajota vibro prensada. As peças foram curadas e rompidas aos 7 e 14 dias. Os resultados de resistência aos 14 dias para lajota foram de 26,3 MPa para a massa padrão e 30,9 MPa para a substituição de 25% de agregado miúdo por RPB. O resultado demonstra que o aproveitamento deste resíduo melhora as propriedades do produto final.

Palavra Chave: Rejeitos Cerâmicos, Agregados, Argamassa, Lajota.

1. INTRODUÇÃO

O descarte dos resíduos sólidos das indústrias de revestimentos cerâmicos é um grande problema para o setor. Buscando alternativas para o tratamento destes resíduos, existem empresas que optam pelo descarte em aterros e outras tem como alternativa o reprocessamento deste resíduo. Neste caso tornado-se matéria prima e retornando para o próprio processo de fabricação.

A fração descartada tem acompanhamento por departamentos de controle ambiental. As empresas podem sofrer penalização ou até a suspensão de suas licenças de funcionamento.

Com a racionalização de recursos naturais, os projetos eco eficientes estão se introduzindo com maior intensidade no setor cerâmico de revestimentos. Procurar ampliar alternativas que auxiliem a utilização dos rejeitos, conseqüentemente alternativas de redução de custos no processo de produção e com os destinos ambientalmente correto dos resíduos.

“Os custos para descarte destes materiais em aterros certificados pelos órgãos ambientais são elevados, mas necessários, uma vez que resíduos depositados em aterros de forma desordenada podem trazer inúmeros problemas, como a contaminação do solo, rios, lençóis freáticos, ou seja, influenciam negativamente em todo o ciclo biológico presente.”(Dagostim, 2008, p.25).

Durante o processo de fabricação existem diversas etapas que ocorrem o descarte. Após o tratamento térmico em altas temperaturas o produto adquire suas características de revestimento, como alta resistência mecânica, tornando um material com alta dureza, dificultando ainda mais o seu reaproveitamento. O reprocessamento do material descartado após esta etapa, passa pelo processo de britagem e peneiramento, em seguida é introduzido novamente nas formulações da massa cerâmica, como já efetuado em algumas empresas.

Como reflexo do setor cerâmico de revestimentos, o setor da construção civil vem crescendo. Buscando introduzir no processo de fabricação de concreto alternativas de materiais que proporcionam o aumento da qualidade, redução do consumo de cimento, conseqüentemente menor custo.

“A possibilidade de uso de chamotes como agregado miúdo em argamassas na indústria da construção civil, através da preparação granulométrica adequada, pode ser uma alternativa eficiente para reduzir o volume disposto no meio ambiente, e contribuir para que a extração de agregados naturais seja reduzida.” (Steiner, 2011, p. 20)

Para a revista CONSTRUÇÃO MERCADO (2015, p. 176) na contramão da evolução dos estudos, muito pouco houve mudanças ou quase nenhuma. O concreto usado hoje e a mais de 40 anos praticamente o mesmo, apenas diminuindo a quantidade

de cimento e tentando compensar com a redução de água usando adição de aditivos químicos.

Os diferentes insumos da construção civil como concreto, argamassa, argamassa colante, podem ser opções para a adição no seu traço de rejeitos da indústria cerâmica. Dentro do traço de argamassa, a areia atua como um material de enchimento, assim como a brita atua no concreto garantindo a resistência através da aderência com o cimento e o empacotamento. O agregado miúdo apresenta característica semelhante ao do rejeito britado, como distribuição granulométrica e absorção de água, que pode interferir na relação água cimento.

Através dos estudos pode-se avaliar o comportamento em conjunto com os demais materiais. O produto cerâmico de revestimento que mais se aproxima das características de absorção esta classificada como porcelanato, podendo ser esmaltado ou técnico e sua absorção são menores que 0,5%, segundo a NBR 15.463.

2. FUNDAMENTAÇÃO

2.1 PORCELANATO

Os revestimentos cerâmicos são divididos por classe de absorção de água, segundo a norma NBR 15.463/2013. Os porcelanatos devem apresentar absorção de água menor que 0,5%, seu acabamento superficial pode ser esmaltado ou polido.

A cada ano o setor cerâmico brasileiro aumenta sua produção. Segundo dados da Anfacer (2015), no ano de 2014 a indústria brasileira chegou a produzir 903,3 milhões de m². Aproximadamente 102 milhões de m² são de porcelanatos. No mesmo sentido a quantidade de desperdício aumenta proporcionalmente. De acordo com PAIXÃO 2011, o volume de material descartado é de 3% de todo o material produzido.

O porcelanato possui características diferentes dos demais produtos, com qualidades técnicas individuais próprias e muito superiores aos demais

revestimentos, dentre elas a elevada dureza e a baixa absorção de água. Estas características são adquiridas após passar por um tratamento térmico com temperaturas superiores a 1200 °C.

A geração do rejeito ocorre durante todo o processo de fabricação do revestimento. Porém, até o momento antes da queima todo material com defeito, destinado para a quebra, pode retornar para o processo de moagem, pois não foi sinterizado. Após a queima o revestimento porcelanato adquire alta resistência e a reutilização de seus rejeitos novamente nos moinhos necessita de uma etapa extra de britagem

Nascido para ser um produto sem esmalte o grés se inere nesta categoria devido a sua versatilidade entre estes materiais com superfície esmaltada, possuindo uma extrema resistência ao ataque de ácidos, sendo impermeável. Podendo ser levigado (lixado) e polido apresentando superfícies que se assemelham mais aos mármore e granitos, com custos mais baixos e com características, muitas vezes, superiores a estas rochas. (Steiner, 2011, p. 18)

2.2. CIMENTO, CONCRETO E ARGAMASSA

De acordo a norma NBR 5736, o cimento atua com função aglomerante. É composto por clínquer e gesso entre 45 a 85%, material pozolânico de 15 a 50% e calcário de 0 a 5%. Além desses, pode conter adições na sua formulação de materiais para melhorar a resistência a sulfatos, obter alta resistência inicial a compressão. Outras características que o cimento deve apresentar são calor de hidratação, inibição da expansão devida à reação álcali-agregado, resistência a meios agressivos, tempo máximo de início de pega.

O concreto é formado por agregados graúdos, agregados miúdos, cimento, água e aditivos, quando necessários. O concreto em seu estado fresco deve apresentar característica como tempo de pega e abatimento. Após o concreto seco deve apresentar resistência mecânica a compressão, resistência a tração e rigidez. Cerca de 70% do concreto endurecido é formado por agregado graúdo, retido na peneira de abertura 4,8 mm, o restante é formado por uma pasta de cimento, agregado miúdo e água que envolvem os materiais, afirma GIONGO, 2007.

2.3 AGREGADOS GRAÚDOS E MIÚDOS.

Para ser considerado um agregado miúdo o material deve ser de origem natural. Encontrado fragmentado ou proveniente de processo de britagem, segundo na norma ABNT NBR 7211. Ainda, para ser considerado agregado miúdo o material deve ser passante na peneira 4,8 mm e ficar retido na peneira 0,075 mm de abertura. O modulo de finura (MF) pode ser utilizado como método comparativo entre os materiais. Suas classificações podem ser de acordo com NBR NM – 248, da seguinte forma: zona ótima: $2,20 < MF < 2,90$, zona utilizável inferior: $1,5 < MF < 2,20$, zona utilizável superior: $2,90 < MF < 3,50$. Além desses valores, ainda possui limite superior e limite inferior para cada zona.

2.4 LAJOTA

Com aspectos naturais, as lajotas possuem função de pavimentação. Sobre uma camada regularizada e compactada, a areia de assentamento que recebe as lajotas, devem ficar sem saliências. Possui característica de isolamento térmico em relação a camadas asfálticas, após o assentamento pode ser removida e reutilizada.

De acordo com a norma NBR 9781, o paver no formato hexagonal deve atender análise visual, controle dimensional, absorção de água, resistência a abrasão e resistência mecânica a compressão. Porém, para este trabalho será efetuado apenas ensaio de resistência mecânica.

A lajota deve atender duas classes de resistência mecânica. Para trafego de pessoas, veículos leves e comerciais o pavimento deve suportar 35 MPa aos 28 dias de cura. Para locais de tráfegos especiais e que possam ocorrer abrasão, é necessário atender no mínimo 50 MPa para a mesma idade.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ETAPA LABORATORIAL

Foi utilizado cimento CP-IV 32 com composição química mostrada na Tabela 1. Segundo especificação do fabricante fornece uma resistência de 32 MPa aos 28 dias seguindo a norma de ensaio de cimento NBR 7215 Determinação da Resistência a Compressão. A estocagem seguiu orientações da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). O agregado miúdo foi do tipo areia lavada obtido em loja de material de construção no município de Cocal do Sul. O mesmo foi caracterizado segundo a norma NBR NM 248 Agregados – Determinação de Composição Granulométrica. Os materiais foram armazenados e protegidos de intempéries evitando variações de umidade, mudança de lote e distribuição granulométrica.

Tabela 1 Média da Composição Química do Cimento (%)

Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
10,10	29,63	3,76	44,77	2,84
SO ₃	P. Fogo	CaO L.	R. Ins.	Eq. Alc.
2,31	3,51	0,79	25,99	1,00

Fonte: Site Votorantin

O processo de britagem ocorre inicialmente com a quebra das peças através de um trator de esteiras. Na sequência o material é armazenado em caixão alimentador que abastece um moinho de martelos. Nessa operação as quebras recebem água pulverizada para diminuir a poeira do processo. posteriormente o material é levado para um sistema de peneiramento em malha 5 (4,0 mm de abertura). O retido retorna para o processo de moagem e passante constitui o produto. Atualmente este material é empregado na massa de revestimentos cerâmicos, através de uma mistura em os 3 tipos de massa produzida, porcelanato, monoqueima e monoporosa, formando um composto. Segundo informação da empresa a produção de RPB chega a 1300 Ton/mês, deste 100 Ton são excedentes.

Para a confecção dos corpos de prova será utilizado cimento CP-IV 32 com sua composição citada na tabela de composição química do cimento, segundo especificação do fabricante fornece uma resistência de 32 MPa aos 28 dias seguindo a norma de ensaio de cimento NBR 7215 Determinação da Resistência a Compressão. A estocagem seguiu orientações da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

O agregado miúdo coletado para o trabalho, armazenado e protegido de intempéries evitando variações de umidade, mudança de lote e distribuição granulométrica. Através da norma NBR NM 248 Agregados – Determinação de Composição Granulométrica, apresentou resultados conforme tabela 2, e que de acordo a norma ABNT NBR 7211/2005 o agregado apresentou percentuais dentro das faixa limites de composição e o modulo de finura de 5,08. Com o ensaio de distribuição granulométrica podemos determinar o teor de umidade que apresentou valor 7,58%, no qual deve ser descontado na água adicionada para manter a relação a/c.

Tabela 2 Composição Granulométrica

Nº	mm	Areia (%)	RPB (%)
3/8"	9,5	0,0	3,5
¼"	6,3	3,0	10,2
4	4,8	8,3	11,3
8	2,4	35,8	30,9
16	1,2	27,3	22,2
30	0,6	12,2	9,9
50	0,3	4,9	4,7
100	0,15	2,7	2,5
Fundo	< 0,15	6,0	4,9
Módulo de Finura		4,08	4,52

Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

O processo de britagem ocorre inicialmente com a quebra das peças através de um trator de esteiras. Após armazenado em um caixão alimentador que abastece constantemente o moinho de martelos. Nessa transição as quebras recebem água através de um bico pulverizador para diminuir a poeira do processo. O moinho em alta rotação através dos martelos efetua fortes impactos entre o material e as paredes compostas por grelhas. O passante é levado para um sistema de

peneiramento no qual o retido retorna para o processo de britagem e o passante na malha 5 (abertura 4 mm), será o material do estudo, coletado e armazenado também de variações de intempéries.

Os corpos de prova de argamassa foram confeccionados com 4 traços diferentes. O tração padrão foi 1:4:0 (cimento:areia:RPB). Para analisar o efeito do rejeito adicionado em diferentes percentuais em substituição a massa de areia, resultando nos seguintes traços: 1:3:1, 1:2:2 e 1:1:3, respectivamente. Fixou-se relação de água/cimento (a/c) de 0,8 e este valor foi obtido através do traço padrão, no qual resultou em um índice de consistência de 22 cm executado em mesa de consistência, normatizado pela NBR 13276/2005. Não foram empregados aditivos plastificantes.

O processo de produção da argamassa, regulamentado pela NBR 13281/ 2001, efetuado através de uma argamassadeira, figura 1, no qual adiciona a água e durante 30 s adicionando o cimento, aguarda-se durante 30 s e acrescenta a areia durante os próximos 30 s, todo esse processo em velocidade baixa, os próximos 30 s sob agitação de velocidade alta, desliga o equipamento durante 90 s e a cuba coberta com pano úmido, após mais 60s sob agitação de velocidade alta.

Figura 1 Argamassadeira utilizada no preparo da argamassa



Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

O índice de consistência é medido através do espalhamento, a argamassa é introduzida em um troncônico, conforme figura 2, com três camadas golpeadas por 15, 10 e 5 respectivamente, seguida a manivela é girada 30 vezes em 30s, o espalhamento é obtida através média da medida de dois diâmetros perpendiculares.

Figura 2 Troncônico e Medida de Consistência



Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

A moldagem é feita colocando a argamassa no cilindro de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura conforme figura 3, untado com óleo mineral. Com espátula em 2 camadas iguais e golpeadas por 12 vezes cada, de acordo com a NBR 5738/2015.

Figura 3 Molde e Corpo de Prova



Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

Após um período de 24 horas de descanso em local saturado, os corpos são removidos para efetuar o capeamento. Ainda baseado pela NBR 5738 – 2015, os corpos devem ser revestidos nas extremidades com uma camada de pasta de cimento. Com camada máxima de 3 mm, executado em uma bancada reta umedecida com óleo mineral. Com o auxílio de uma placa de vidro para garantir que as faces fiquem paralelas entre si e perpendicular ao eixo de esforço da prensa no rompimento.

Com os corpos todos prontos, devem ser armazenados segundo a norma em condições de umidade relativa de 95%, mas para garantir situações total de

saturação. Os corpos produzidos serão deixados submersos em tanque com água, retirados apenas para serem rompidos, tanto aos 7 dias como aos 28 dias.

Para romper os corpos de prova deve seguir os parâmetros regidos pela norma NBR 5739, retirados para o rompimento de 7 dias até 6 horas antes. Os ensaios aos 28 dias podem ser retirados até 24 horas antes, conforme item 5.3 Tabela 1. A relação das medidas dos corpos devem obedecer a relação máxima de altura/diâmetro (h/d) de no máximo 2,02 e no mínimo 1,94. Caso exceda essas relações efetuar as correções descritas no item 6.1.2 da norma. Com os valores da carga de ruptura obtidos em Newton (N), calculado com a Equação 01 o valor de resistência em megapascal (MPa).

$$f_c = \frac{4F}{\pi * D^2} \quad \text{Equação 1 - Resistência (MPa)}$$

Em que: F: força máxima obtida em Newton;

D= Diâmetro dos corpos (mm).

f_c = Resistência mecânica a compressão (MPa)

3.2 ETAPA INDUSTRIAL

O processo de teste industrial ocorreu em uma empresa de fabricação de lajotas, blocos maciços e vazados, paver. A produção da massa é executada por um homogeneizador mecânico, respeitando a sequência da adição dos materiais. Em seguida é levado até o silo de carregamento da prensa. O carro alimentador deposita nas cavidades, que são vibrados ajudando no empacotamento. Após a compactação vibro prensadas as peças conformadas são armazenadas em local saturado.

Para efetuar o mesmo ensaio de laboratório em escala industrial, utilizado a prova substituindo em 25% da areia por RPB pois apresentou melhor resultado em laboratório. Os demais materiais foram mantidos, relação a/c e aditivos.

O traço utilizado na escala industrial foi de 1:3:4:1,1 (cimento: areia: pó de pedra: pedrisco) no traço padrão. Para testar o RPB o traço seguido foi 1:0,75:2,25:4:1,1

(cimento: RPB: areia: pó de pedra: pedrisco), assim manter os demais materiais e substituímos apenas a areia. A relação de água/cimento utilizado foi de 0,65.

Figura 4 Imagem da lajota aos 14 dias



Fonte: Elaborado pelo autor

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

De acordo com a norma NBR NM – 248(2003), na Tabela 3 obtemos os valores de distribuição granulométrica da areia e do RPB separadamente, já nas colunas 25%, 50% e 75% ter os percentuais das formulações dos agregados, este são calculados, pois segundo a norma é permitido a determinação de composição através de cálculos.

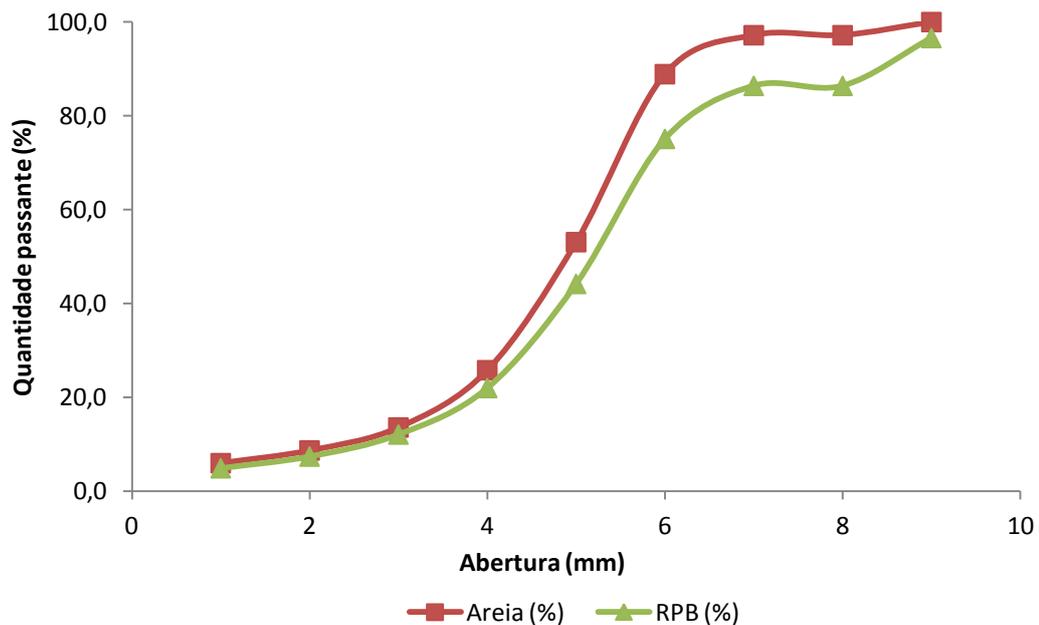
Tabela 3 Composição Granulométrica Individual e das Composições

Nº	mm	Areia	RPB	Padrão	25%	50%	75%
3/8"	9,5	0,0	3,5	0,0	0,9	1,8	2,6
1/4"	6,3	3,0	10,2	3,0	4,8	6,6	8,4
4	4,8	8,3	11,3	8,3	9,1	9,8	10,6
8	2,4	35,8	30,9	35,8	34,5	33,3	32,1
16	1,2	27,3	22,2	27,3	26,0	24,8	23,5
30	0,6	12,2	9,9	12,2	11,6	11,0	10,5
50	0,3	4,9	4,7	4,9	4,9	4,8	4,8
100	0,15	2,7	2,5	2,7	2,7	2,6	2,6
Fundo	0	6,0	4,9	6,0	5,7	5,4	5,2
Módulo de Finura		4,08	4,52	4,08	4,19	4,30	4,41

Fonte: Elaborado pelo Autor

Na tabela comparativo entre a distribuição granulométrica acumulada da areia e do RPB, pode-se analisar de que a areia possui grãos mais finos. Isso se deve de que a areia com formação geológica por intempéries (ventos, água da chuva) ao longo de milhares de anos, enquanto o rejeito é formado através de um processamento mecanizado mais robusto. Para que o rejeito se torne mais próximo da areia é necessário que este processo se torne mais controlado através de uma combinação de peneiras e um equipamento de moagem mais sofisticado.

Figura 5 Gráfico de distribuição granulométrica acumulada passante



Fonte: Elaborado pelo Autor

Na figura 6 pode-se analisar visualmente as características do RPB, através de fita métrica (cm) transparente perceber as dimensões dos agregados maiores.

Figura 6 Imagem do rejeito de porcelanato britado



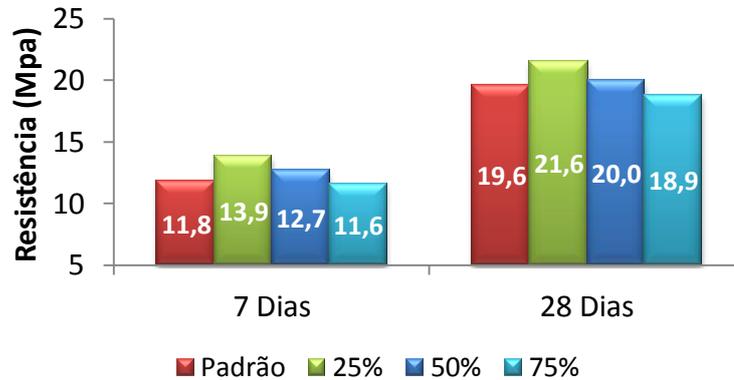
Fonte: Elaborado pelo Autor

4.2 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

De acordo com a figura 7, pode-se comparar os resultados das resistências a compressão aos 7 dias, observa-se um aumento na resistência a compressão quando adicionamos o RPB até a quantidade de 50% de adição substituindo a areia. Apesar de muito próximo, o valor se apresenta maior que o padrão. Quando a adição é de 25% o resultado é ainda maior, um aumento de 17% no valor final. Para a adição de 75%, os resultados não sendo satisfatório.

Para os valores de resistência a compressão aos 28 dias, os resultados seguiram a mesma tendência, porém as diferenças tornaram se menores, sendo que para a adição de 25% de RPB a resistência à compressão aumentou quase 10% em relação ao padrão, para a adição de 50% o resultado ficou próximo ao padrão, mas ainda mantendo se maior.

Figura 7 Resistência a compressão (MPa) 7 e 28 dias e desvio padrão



Fonte: Elaborado pelo Autor

Na figura 7, pode-se analisar os resultados de desvio padrão calculados conforme a norma NBR 5739, declarado no anexo B, item B.4, os valores estão dentro dos limites que para o número de 3 corpos rompidos o desvio deve ser menor que 1,693, no mesmo anexo Tabela B.1.

De acordo com a norma citada anteriormente, o anexo A resume alguns tipos de rompimento, o rompimento no corpo de prova da figura 8 no qual a linha preta exhibe o local do rompimento, podemos caracterizar Tipo E Cisalhada.

Figura 8 Corpo de prova após o rompimento com indicação do sentido da fratura



Fonte: Elaborado pelo Autor

4.3 RESULTADOS INDUSTRIAIS

As medidas de densidade de empacotamento dos materiais podem mostrar o quanto os espaços vazios estão preenchidos pelos grãos distribuídos uniformemente. Cada material possui uma densidade de empacotamento individual, porém junto com outras a densidade do conjunto será diferente.

Conforme tabela 5, através da medida de densidade de empacotamento do traço padrão apresenta densidade superior quanto ao de traço com 25% de RPB. Assim, o produto vai apresentar um peso menor por peça, porém manterá suas dimensões.

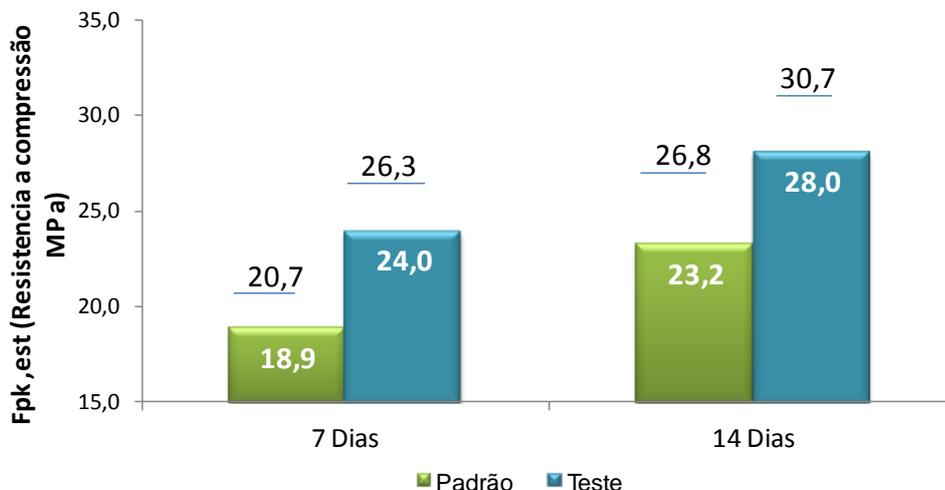
Tabela 4 Massa unitária

Item	d (g/m ³)
Pedrisco	1,27
Pó de Pedra	1,40
Areia	1,29
RPB	1,36
Traço Padrão	1,67
Traço 25%	1,55

Fonte: Elaborado pelo Autor

Os ensaios de compressão foram realizados de acordo com a norma NBR 9781. Os resultados apresentados aos 7 dias, na figura 9, demonstra um aumento na média de 6 MPa em relação ao traço padrão. Um aumento de 27% na resistência final a compressão. De acordo com a norma, no anexo A, o item A.5, os valores de compressão devem ser multiplicados por um fator de correção para cada espessura. Para espessuras de 100, 80 e 60 mm os fatores são 1,05, 1,00 e 0,95, respectivamente.

Figura 9 Resultado de compressão das lajotas



Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

Diante dos resultados de compressão aos 14 dias, a tendência da adição de 25% de RPB permaneceu aumentando a resistência de compressão. O aumento de resistência foi de 17% em relação ao traço padrão. A menor diferença da média de resistência mecânica a compressão aos 7 dias em relação aos 14 dias justificam também a mesma tendência ocorrida nos corpos de prova desenvolvidos em laboratório.

Nas colunas da figura 9, estão exposto os valores calculados através da equação 2, no qual relaciona a média dos corpos com o desvio padrão. A linha superior as colunas, são os valores da média de resistência a compressão.

De acordo a norma NBR 9781/2013 no anexo B, o cálculo de do Fck estimado deve ser calculado analisando o número de amostras rompidas e o desvio padrão.

$$F_{ck\ est} = F_{d\ med} - t \times s \quad \text{Equação 2 Equação de calculo do Fck médio}$$

$F_{ck\ est}$ = Resistência a compressão da amostra

$F_{d\ med}$ = Resistência média de rompimento

t = número de amostra

s = desvio padrão

De acordo com a figura 10, pode se analisar que conforme aumenta o percentual de RPB, a quantidade de fragmentos do porcelanato pode ser visualizada. Os fragmentos mais claros são de porcelanato técnico ou polido. Os fragmentos mais bege/marron é de porcelanato esmaltado, no qual a massa apresenta coloração mais escura. Algumas partículas formam faces planas ou lamelar, referente a parte superficial da peça. Essa face poderiam diminuir a resistência e criar uma falha no rompimento, porém os resultados comprovaram o inverso.

Figura 10 Corte dos corpos de prova com os diferentes percentuais



Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

5. CONCLUSÃO

O RPB é originado através da quebra das placas cerâmicas durante o processo de fabricação. Após o processo de britagem apresenta características próximas ao agregado miúdo. A caracterização granulométrica confirmou que o produto atende as normas, podendo ainda passar um processo de classificação para retirada da fração acima de 6,3 mm.

A consistência da argamassa medida através de mesa de consistência permaneceram constantes para toda a faixa de substituição. Isso indica que o aproveitamento como agregado miúdo não requer o uso de aditivos plastificantes. Este resultado é devido a baixa absorção de água do porcelanato.

A adição de RPR contribuiu para melhorar a resistência a compressão aos 7 e 28 dias, com 25% de RPB em substituição do agregado miúdo em argamassa. Para as demais substituições os valores ficaram semelhantes ao padrão. Obteve-se aumento em aproximadamente 20% a resistência aos 7 dias. Aos 28 dias os resultados permaneceram superiores.

Para o uso em lajota o uso do RPB em 25% de substituição aumentou a resistência a compressão em relação ao padrão. Aos 14 dias de cura o traço padrão apresentou resistência de 26,3 MPa, e o teste de 30,9 MPa.

A adição de RPB em substituição da areia é viável tecnicamente. Além disso é uma oportunidade de melhoria no desempenho do produto.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: **Agregados para concreto** – Especificação. Rio de Janeiro, 2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.463: **Placas cerâmicas para revestimento — Porcelanato**. Rio de Janeiro, 2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: **Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência**. Rio de Janeiro, 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13281. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos** – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: **Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: **Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9781: **Pecas de Concreto para pavimentacao**. Rio de Janeiro, 2013.

BERNARDIN, Adriano Michael. **Reaproveitamento de Resíduos de Polimento e de Esmaltação para Obtenção de Cerâmica Celular**. Cerâmica Industrial, São Paulo, 2006, p.31.

CARDOSO, Fabio Alonso. **METODO DE FORMULAÇÃO DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO BASEADO EM BISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA E COMPORTAMENTO REOLÓGICO**. São Paulo, 2009. Tese (Doutorado em Engenharia) Curso de Engenharia Civil, USP, São Paulo.

GIONGO, José Samuel. **Concreto Armado: Introdução e propriedades dos materiais**. São Carlos, 2007, p. 11.

INMETRO - **Informações ao Consumidor - Produtos Analisados - Revestimentos Cerâmicos (pisos e azulejos)**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br>. Acesso em 26 de Setembro de 2014.

MENEZES, Romualdo R. **O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas**. Paraíba, 2002, vol.6 no.2, p. 1.

VALVERDE, Fernando Mendes. **AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL**. São Paulo. 2001, p. 1.

ANFACER, **Perfil Da Produção** - Disponível em <http://www.anfacer.org.br>. Acesso em: Maio de 2015

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland – Disponível em <http://www.abcp.org.br/>. Acesso em: Abril de 2015.

REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO, São Paulo, 2015. **Bate-Estaca**, pg 176, Ano 68, 2015.

DAGOSTIN, Bruna. **Fabricação de Pavimentos Cerâmicos e Cerâmica Celular a partir da Reutilização de Resíduos Sólidos – Adequação Laboratorial e Industrial**. Criciúma, p. 25, 2008.

STEINER, Luiz R. **EFEITO DO REJEITO DE POLIMENTO DO PORCELANATO NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND**. Criciúma, 2011.