

APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONCRETO E CERÂMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE VEDAÇÃO¹

Frederico Nunes de Castro

Graduando do 10º período do curso de Engenharia Civil do UNIPAM.

E-mail: fredericoncastro@yahoo.com.br

Jaqueline Aparecida Silveira

Graduanda do 10º período do curso de Engenharia Civil do UNIPAM.

E-mail: jaquelinesilveira.ma@hotmail.com

Sheilla Pereira Vieira

Professora do curso de Engenharia Civil do UNIPAM.

E-mail: sheilapv@unipam.edu.br

RESUMO: A construção civil é um dos principais setores que mais contribuem para a geração de resíduos no planeta. Por isso, o objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade técnica dos blocos produzidos através dos resíduos cerâmicos e de concreto, comparando-os com blocos convencionais, dentro dos parâmetros da ABNT NBR 6136 (2014). As amostras obtiveram valores de resistência acima do recomendado pela norma e conclui-se então que os resíduos possuem viabilidade técnica na aplicação de blocos.

PALAVRAS-CHAVE: Blocos. Resíduos. Viabilidade.

ABSTRACT: Civil construction is one of the main sectors that contribute most to the generation of waste on the planet. Therefore, the objective of this work is to analyze the technical viability of the blocks produced through the ceramic and concrete residues, comparing them with conventional blocks, within ABNT NBR 6136 (2014) parameters. The samples obtained values of resistance above the standard recommended and it is concluded that the residues have technical viability in the application of blocks.

KEYWORDS: Blocks; Waste; Viability.

INTRODUÇÃO

A busca incessante por soluções que estejam diretamente ligadas à redução de desperdícios na construção civil é de suma importância para o desenvolvimento tecnológico e para o contexto atual em que se vive. “Estima-se que ente 40% e 75% das matérias-primas extraídas da natureza são transformados em materiais de

¹ Trabalho apresentado na área temática 1 – Cenar Smart Cities do V Congresso Mineiro de Engenharia e Arquitetura, realizado de 6 a 9 de novembro de 2018.

construção.” (ISAIA *et al.*, 2000, p. 98).

O cimento Portland é o principal componente do concreto. É o produto obtido pela desagregação de clínquer constituído de silicatos hidráulicos de cálcio, com certa quantidade de sulfato de cálcio natural. Já as cerâmicas são obtidas a partir de uma massa à base de argila, sujeita a um processo de secagem lenta e elevada a altas temperaturas.

A partir do cimento é feito vários materiais utilizados na construção como os blocos, que, de acordo com a ABNT NBR 6136 (2014), bloco vazado de concreto simples é um componente para execução de alvenaria, com ou sem função estrutural, vazado nas faces superior e inferior. Já os blocos cerâmicos geralmente são moldados à mão ou em máquinas em fôrmas de madeira; é um tipo de material mais antigo e ambientalmente durável para a engenharia e, segundo a ABNT NBR 15270 (2005), o bloco cerâmico de vedação é um componente que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm. Ambos os materiais possuem processo de fabricação e propriedades físicas e químicas distintas, porém existem as ABNTs competentes para a aplicação devida e com qualidade.

O objetivo geral do presente trabalho teve o intuito de analisar a viabilidade técnica dos blocos produzidos através dos resíduos. Os objetivos específicos foram produzir quatro tipos distintos de blocos: concreto puro, cerâmico puro, concreto e cerâmico ambos com 50% cada. Foram analisadas as propriedades mecânicas e os aspectos físicos dos blocos produzidos através dos resíduos da construção civil. Foram comparadas suas características mecânicas e físicas com blocos produzidos convencionalmente.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

IMPORTÂNCIA E HISTÓRIA DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

“Embora em primeiro momento pareça desnecessário falar ao futuro Engenheiro sobre a importância da disciplina Materiais de Construção, o que se observa é que o estudante dela se descuida a fim de dedicar mais tempo às cadeiras mais difíceis.” (BAUER, 2015a, p. 1).

As matérias de cunho dedutivo são importantíssimas, mas não se pode deixar de lado disciplinas que agregam propriedades, limitações, vantagens e utilização. Em uma viga não é somente necessário o cálculo estrutural, mas também a dosagem do concreto para o resultado de sua resistência, e o preparo durante toda a obra (BAUER, 2015a).

CIMENTO PORTLAND X MATERIAIS CERÂMICOS

O cimento Portland foi patenteado por Joseph Aspdin em 1824. Suas propriedades aglomerantes à base de rocha calcária, argila e gesso, elevadas a altas temperaturas, transformam-se no clínquer, que, após o processo de moagem, resulta em um pó fino que endurece sob a ação da água (BAUER, 2015a). O cimento está em quase tudo ao nosso redor; onde há desenvolvimento ele está presente. Sua

aplicabilidade é diversa, tornando um elemento com alto valor econômico.

Já a indústria cerâmica é uma das mais antigas do mundo. De acordo com Isaia (2010, p. 565), “no período neolítico (entre 1.2000 e 4.000 a.C), a necessidade de armazenar alimentos levou o homem à criação de componentes de barros secos naturalmente e posteriormente, à fabricação de cerâmicas cozidas”. As cerâmicas são obtidas a partir de uma pasta à base de argila, feita sob um processo de secagem lenta e, em seguida, cozida em temperaturas elevadas.

Um dos critérios mais utilizados para classificação das cerâmicas é a sua cor, que pode ser branca ou vermelha.

AGREGADOS

O agregado na construção civil, de acordo com sua particularidade, pode ser chamado de pedra britada, bica-corrida, rachão, etc. Conforme Bauer (2015a), os agregados se classificam de acordo com a sua origem, dimensões das partículas e peso específico aparente. Podem ser, na sua origem, classificados como naturais e industrializados.

GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Nota-se que o setor da construção civil é um grande gerador de resíduos. “Somente os resíduos das atividades de construção e demolição são gerados em quantidade típica de 500kg/hab. ano, valor estimado no final de 1990 quando o nível de atividade da construção era significativamente menor.” (AGOPYAN, JOHN, 2011, p. 74). Porém, uma quantidade significativa desses resíduos é recolhida por empresas privadas com propósito de comercializar o material processado. “Mas, segundo a Abrelpe, em 2010 foram recolhidos 31 milhões de toneladas, 1/3 do total, fração que, em geral, havia sido lançada irregularmente em logradouros públicos [...]” (ABRELPE *apud* AGOPYAN, JOHN, 2011, p. 74).

BLOCOS DE CONCRETO

De acordo com Fernandes (2015, p. 21) “os blocos podem ser produzidos em equipamentos manuais, pneumáticos ou hidráulicos, por meio de vibro compactação e extrusão imediata, de uma mistura homogênea de cimento, areia, pó de pedra, pedrisco, água e aditivos [...]”.

Apesar de existir o produto informal no mercado, é importante salientar que o bloco normatizado com dimensões e formatos padronizados tem maior rendimento, tornando o custo inferior. De acordo com a ABNT NBR 6136 (2014), os blocos se classificam em bloco vazado de concreto simples, bloco tipo canaleta e bloco compensador. O primeiro é utilizado para execução de alvenaria, com ou sem função estrutural, vazado na face superior e inferior; já os blocos tipo canaleta foram criados para racionalizar a execução de vergas e contravergas e cintas. Por último, o bloco compensador é destinado para ajuste de modulação. A ABNT NBR 6136 (2014) preconiza requisitos físico-mecânicos e estes devem obter limites de resistência,

absorção, retração linear e resistência característica.

BLOCOS CERÂMICOS

Conforme Bauer (2015b, p. 526), “chama-se cerâmica à pedra artificial obtida pela moldagem, secagem e cozedura de argilas ou de misturas contendo argilas”. O bloco cerâmico é utilizado para a confecção de paredes divisórias internas e externas que necessitam apenas de suportar seu peso próprio, ou seja, não tem fins estruturais.

O bloco cerâmico é também chamado de tijolo baiano em algumas regiões do Brasil, sua matéria-prima é o barro e possui uma linha de produção bem definida, uma vez que a variedade de matrizes que existem no mercado é bem vasta. É possível encontrar variações quanto à textura de suas faces, na quantidade e tipo de furo, espessura e etc. (BAUER, 2015b).

METODOLOGIA

Todo o processo de desenvolvimento do experimento de utilização de resíduos da construção civil na fabricação de blocos de vedação foi subdividido em diversas etapas, assim facilitando o entendimento e desenvolvimento do projeto em questão.

Os materiais reciclados utilizados foram fornecidos pelas empresas, apresentadas com nomes fictícios: *Concreto Patos de Minas* forneceu o resíduo de concreto, e a *Cerâmica Patos de Minas* forneceu o resíduo de tijolo cerâmico. Os agregados naturais foram cedidos pela empresa *Bloco Patos de Minas*, onde também foram confeccionados os blocos.

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA, MASSA ESPECÍFICA E MASSA UNITÁRIA DOS AGREGADOS

Inicialmente todo o processo de caracterização, peneiramento e análise granulométrica dos agregados foram realizados no Laboratório de Análises Tecnológicas de Materiais e Construção, do Centro Universitário Patos de Minas (UNIPAM), e baseados na ABNT NBR 7211 (2009), ABNT NBR NM 248 (2003) e ABNT NBR NM 27 (2001), com o objetivo de determinar qual diâmetro os resíduos cerâmicos e concretos deveriam ser britados.

Com base nos resultados obtidos e nas normas, pode-se determinar que a brita 0 é um agregado graúdo, e a areia média é um agregado miúdo, sendo assim pode-se determinar qual diâmetro que os resíduos de materiais cerâmico e concreto devem ter. Seguidamente foram britados no britador do Laboratório de Análises Tecnológicas de Materiais e Construção, do Centro Universitário Patos de Minas (UNIPAM), com diâmetros a partir dessa análise granulométrica.

Depois de processado no britador, o material passou por um processo de peneiramento manual, em que foram utilizadas as peneiras 12,5 mm e 4,75 mm, para a separação do agregado graúdo (material passante pela peneira 12,5mm e retido pela peneira 4,75mm) e miúdo (material passante pela peneira 4,75mm), ambos foram separados em recipientes diferentes.

O próximo passo foi determinar a massa específica e absorção de água dos

agregados miúdos e graúdos. Para encontrar os resultados da massa específica dos agregados miúdos utilizou-se a fórmula determinada pela norma rodoviária DNER – ME 194 (1998), enquanto a massa específica e absorção de água dos agregados graúdos os ensaios foram realizados como determina a norma ABNT NBR NM 53 (2009).

Seguindo os procedimentos, a próxima etapa foi determinar a massa unitária e volume de vazios dos agregados, seguindo os parâmetros de determinação da norma ABNT NBR NM 45 (2006).

DETERMINAÇÃO DO TRAÇO

A determinação do traço a ser utilizado no experimento deverá atender os índices de resistência exigidos pelas normas ABNT NBR 6136 (2014) e ABNT NBR 12118 (2013). Uma das alternativas para se determinar o traço a ser utilizado seria através do método de dosagem da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Contudo, o traço adotado para o experimento foi o mesmo traço utilizado pela empresa Bloco Patos de Minas (nome fictício) no seu processo de fabricação de blocos, um traço mais seco do estilo “farofa”, porém a mesma se baseia nos parâmetros exigidos pelas normas e atende os requisitos de resistência de seus produtos no mercado.

PROCESSO PRODUTIVO

Para o desenvolvimento do projeto, foram confeccionadas 52 amostras de blocos de vedação, baseado nos parâmetros da ABNT NBR 6136 (2014). Todas as amostras foram confeccionadas de maneira mecanizada na empresa Bloco Patos de Minas, baseando-se no seu nos parâmetros exigidos da mesma norma. No processo de fabricação dos blocos, foram utilizados os agregados naturais da própria empresa e os resíduos já britados no laboratório.

Foram confeccionados quatro tipos distintos de blocos respectivamente com um total de 52 amostras: 13 amostras de blocos convencionais com agregados naturais, 13 amostras de blocos com resíduos de concreto, 13 amostras de blocos com resíduo cerâmico e 13 amostras de blocos de resíduos cerâmicos misturado com resíduo de concreto.

Ressalta-se que os dois tipos de resíduos foram britados em dimensões distintas e foram inseridos tanto no traço agregado miúdo quanto no traço agregado graúdo. Todas as amostras executadas foram realizadas nas dimensões 39cmx19cmx19cm, como preconiza a ABNT NBR 6136 (2014).

Após o processo de produção, os blocos foram armazenados no pátio da empresa por 3 dias, depois transportados até o pátio coberto do Laboratório de Análises Tecnológicas de Materiais e Construção, do Centro Universitário Patos de Minas (UNIPAM) para concluir o período de 28 dias de cura, realizado através molhagem manual diariamente.

Das 52 amostras, conforme determina a Tabela 4 da ABNT NBR 6136 (2014), 24 unidades foram submetidas ao teste de resistência à compressão axial na prensa universal do mesmo Laboratório de Análises Tecnológicas e 12 corpos de prova

destinados aos ensaios de absorção e área líquida.

TESTE DE LABORATÓRIO

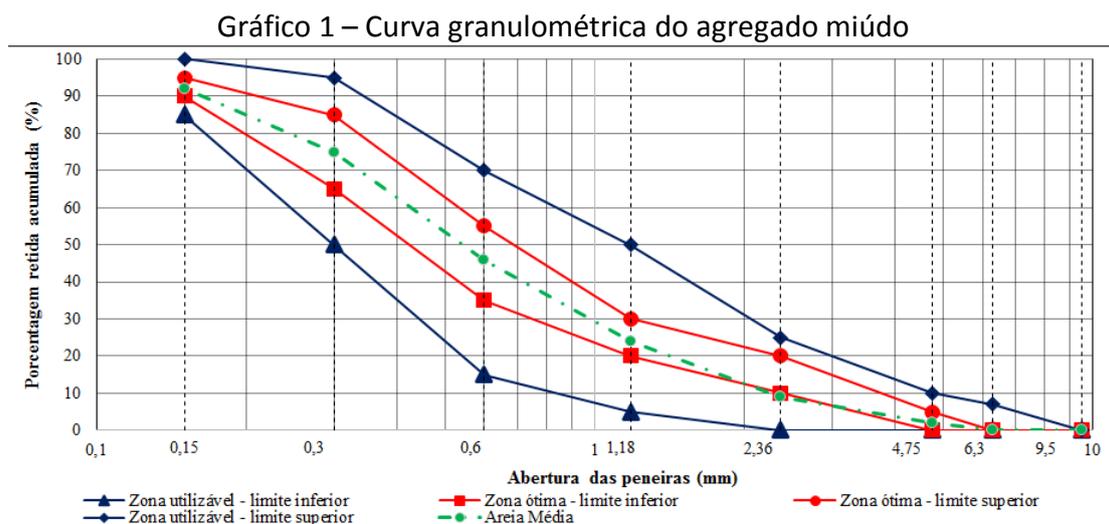
Após o processo de cura dos blocos, por um período de 28 dias, iniciaram-se os testes laboratoriais, sendo realizado primeiramente o ensaio de absorção e área líquida seguidamente, de análise dimensional e resistência à compressão axial seguindo os parâmetros determinados na ABNT NBR 12118 (2013). Essa norma demonstra todos os processos necessários de preparação dos corpos de prova para realização dos testes, os critérios de secagem e armazenamento, aparelhagem e cálculos necessários para obtenção dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como citado anteriormente, com todos os resultados obtidos foram elaborados os diagramas da curva granulométrica dos agregados miúdos e graúdos, quadros dos resultados de absorção de água e área líquida dos agregados e dos blocos já confeccionados, juntamente com quadros de resistência de compressão axial e análise dimensional dos blocos, a partir dos resultados encontrados, analisaram-se estes quanto ao seu enquadramento mínimo exigido pelas normas.

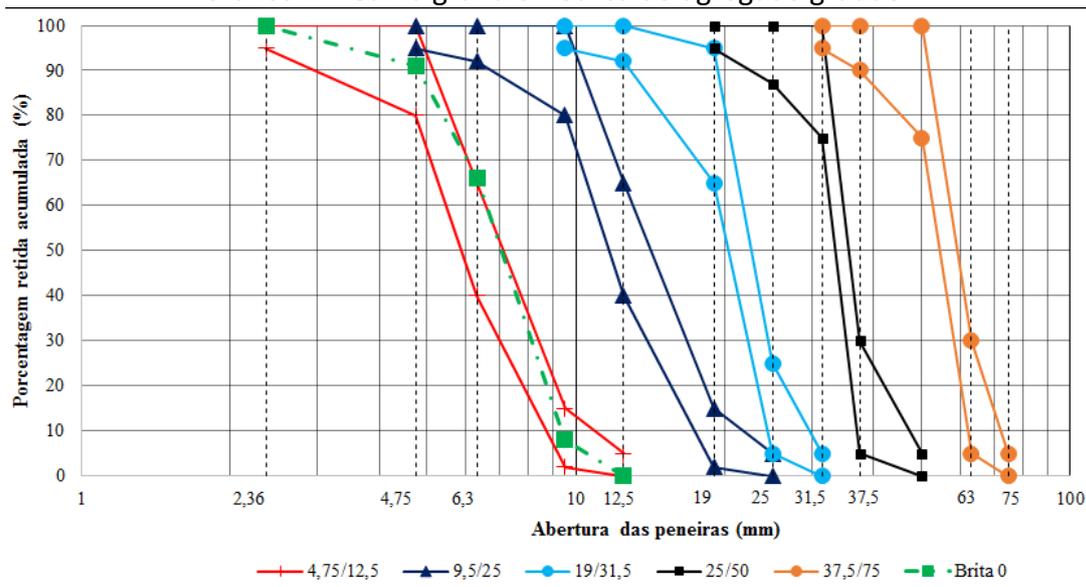
CONSTRUÇÃO DA CURVA GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS MIÚDOS E GRAÚDOS

De acordo com a metodologia aplicada, a análise granulométrica dos materiais miúdos e graúdos foi executada, elaborando assim a curva granulométrica demonstrada nos Gráficos 1 e 2. O diâmetro máximo do agregado miúdo e graúdo foi de 4,75 e 12,5 mm, respectivamente.



Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Gráfico 2 – Curva granulométrica do agregado graúdo



Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Como demonstrado no Gráfico 1, a linha de representação na cor verde do agregado miúdo (areia média) encontra-se entre a zona ótima de limite inferior e a zona ótima de limite superior, resultado que atende os limites estabelecidos pela tabela 2 da norma ABNT NBR 7211 (2009), tornando a amostra analisada como agregado miúdo para concreto. No Gráfico 2, a linha de representação na cor verde do agregado graúdo (brita 0) encontra-se entre os diâmetros 4,75 a 12,5mm, resultado que atende os limites indicados pela tabela 6 da mesma norma, tornando a amostra analisada como agregado graúdo.

MASSA ESPECÍFICA DOS AGREGADOS MIÚDOS E GRAÚDOS

De acordo com a DNER–ME 194 (1998), a massa específica é a massa do agregado incluindo os poros existentes, por unidade de volume. De acordo com Mehta e Monteiro (2014), rochas como granito, calcário e principalmente o arenito, que é a rocha responsável pela extração da areia, possuem massa específica em média de 2650 kg/m³. Os resultados encontrados do agregado miúdo foram 2,59 cm/m³, ou seja, 2590 kg/m³. Portanto, os resultados encontrados são satisfatórios e com características ideais.

Quanto à determinação da massa específica dos agregados graúdos, eles foram realizados seguindo os parâmetros exigidos pela norma ABNT NM 53 (2009), conforme Figura 1. O Quadro 1 mostra os resultados obtidos do procedimento realizado das duas amostras para casa tipo de material, brita 0, resíduo cerâmico e resíduo de concreto.

Figura 1 – Massa específica do agregado saturado superfície seca



Fonte: arquivos dos pesquisadores, 2018.

Quadro 1 – Determinação da massa específica de agregados graúdos

Material	“d” – massa específica do agregado seco (g/cm ³)	“ds” – massa específica do agregado saturado superfície seca (g/cm ³)	“da” – massa específica aparente (g/cm ³)
Brita 0 Amostra 1	2,724	2,699	2,684
Brita 0 Amostra 2	2,770	2,744	2,729
Res. Cerâmico 1	2,580	1,992	1,620
Res. Cerâmico 2	2,787	2,087	1,695
Res. Concreto 1	2,559	2,332	2,186
Res. Concreto 2	2,533	2,314	2,171

Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Quanto aos resultados de absorção de água, foram realizados conforme ABNT NBR NM 53(2009); o quantitativo foi determinado em porcentagem, conforme demonstrado no quadro 2.

Quadro 2 – Resultado de absorção de água dos agregados

Material	Absorção de água
Brita Amostra 1	0,55%
Brita Amostra 2	0,55%
Res. Cerâmico 1	22,98%
Res. Cerâmico 2	23,13%
Res. Concreto 1	6,67%
Res. Concreto 2	6,59%

Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Observou-se que os índices de absorção encontrados foram significativamente maiores nos resíduos cerâmicos; de acordo com Mehta e Monteiro (2014), a absorção de água é totalmente ligada às características de porosidade.

Agregados naturais, como o da brita, são mais densos e menos porosos em comparação aos resíduos, pois se trata de materiais que já foram utilizados para outra finalidade, e no seu processamento se criou um índice de porosidade consideravelmente maior aos índices de porosidade dos agregados naturais. Esses

resultados são de fundamental importância para a determinação do traço, pois, por meio dele, pode-se determinar o quanto de água deverá ser acrescentada no traço devido à absorção dos materiais.

RESULTADOS MASSA UNITÁRIA E VOLUME DE VAZIOS

A massa unitária aproximada dos agregados comumente utilizada difere em torno de 1300 a 1750 Kg/m³ (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Os resultados mostrados seguem o parâmetro do autor que ficam em média de 1617 kg/m³ para o método A, e 1497,6 Kg/m³ para o método B, tornando as amostras aceitáveis.

Um fator importante que a norma ABNT NBR NM 45 (2006) destaca sobre a determinação da massa unitária é que o resultado individual de cada ensaio não deve apresentar desvio maior de 1% em relação à média, fator este atendido no procedimento.

O volume de vazios encontrados para o agregado natural se encontra dentro das expectativas esperadas nos ensaios laboratoriais e pela norma ABNT NBR NM 45 (2006). Quanto aos resíduos, apresentam valores aproximadamente próximos, porém não reais, pois, para a análise de volume de vazios de ambos, foram utilizados os valores obtidos da massa unitária do agregado graúdo, devido ao diagrama da análise granulométrica dos resíduos não se assemelhar aos do agregado natural, o qual é a principal fonte de comparação. Contudo, através dos resultados da análise de absorção dos resíduos, pode-se verificar a diferença de água a ser utilizada para o preparo do traço.

ABSORÇÃO DE ÁGUA E ÁREA LÍQUIDA DOS BLOCOS

De acordo com a metodologia aplicada, os resultados encontrados de absorção do lote de 3 amostras para cada tipo de material encontram-se no quadro a seguir.

Quadro 3 – Resultado de absorção das amostras de blocos

Absorção	Resíduo Cerâmico (%)	Resíduo Misto (%)	Resíduo Concreto (%)	Natural (%)
Amostra 1	34,58	12,80	10,45	5,58
Amostra 2	16,39	13,82	10,89	5,66
Amostra 3	13,76	13,03	10,26	8,48
Média	21,58	13,22	10,53	6,58

Fonte: dados da pesquisa, 2008.

Com base nos dados descritos, observou-se que o índice de absorção médio das amostras de resíduo de concreto e agregados natural está abaixo do limite de absorção. Os resultados foram respectivamente 10,53 % e 6,58%, o valor recomendado e ideal pela norma é ≤ 12 %. Já as amostras de resíduo cerâmico e misto mostraram resultados acima de 21,58 % e 13,22%, assim não atendendo este requisito.

A diferença entre porcentagem de absorção de água dos materiais se dá pelo índice de porosidade entre eles; agregados naturais tendem ser mais densos

consumindo assim menos água. Segundo Mehta e Monteiro (2014), agregados de concreto reciclados possuem maior taxa de absorção de água, podendo chegar até 50%, como mostrou os resultados.

Já a área líquida é a área média da seção perpendicular aos eixos dos furos, descontando as áreas dos vazios, determinada no Quadro 4, de acordo com a norma ABNT NBR 12118 (2013).

Quadro 4 – Resultados da área líquida das amostras de blocos

Área líquida	Resíduo Cerâmico (mm)	Resíduo Misto (mm)	Resíduo Concreto (mm)	Natural (mm)
Amostra 1	15077,52	6794,37	6248,35	3679,26
Amostra 2	9053,12	6857,29	6292,07	3619,54
Amostra 3	6657,87	6955,41	6108,64	5162,70
Média	10262,84	6869,02	6216,35	4153,83

Fonte: dados da pesquisa, 2008.

A média dos resultados encontrados variou de 4153,83 mm² para agregados naturais e 10262,84 mm² para resíduos cerâmicos. As características variáveis do tipo de material interferem nos resultados obtidos.

Analise dimensional e ensaio de resistência à compressão axial dos blocos

A análise dimensional foi realizada conforme a ABNT NBR 12118 (2013). A família empregada dos blocos foi 20x40, conforme tabela 1 da norma ABNT NBR 6136 (2014). As dimensões de septos, paredes externas, comprimento, largura e altura foram aferidas e se mostraram satisfatórias, conforme figura 2.

Figura 2 – Análise dimensional dos blocos



Fonte: arquivos dos pesquisadores, 2018.

O ensaio de resistência à compressão foi realizado na prensa universal, modelo Emic DL 20000, conforme Figura 3, determinando os resultados no Quadro 5 das amostras.

Figura 3 – Teste de resistência à compressão axial



Fonte: arquivo dos pesquisadores, 2018.

Quadro 5 – Resultado do ensaio de resistência

Ensaio de compressão		Resíduo Concreto	Resíduo Cerâmico	Cerâmico x Concreto	Agregados Naturais
Corpo de Prova	Taxa de Tensão (MPa/s)	Tensão Força Máxima (MPa)			
1	0,5	2,388	2,016	1,833	2,799
2	0,5	1,442	1,291	1,523	4,074
3	0,5	1,427	2,160	1,577	5,172
4	0,5	1,979	2,045	2,478	2,832
5	0,5	2,991	0,991	2,065	4,305
6	0,5	2,196	1,188	2,316	5,572
Média		2,070	1,615	1,965	4,125

Fonte: dados da pesquisa, 2018.

A fórmula descrita na metodologia de acordo com a ABNT NBR 6136 (2014) foi aplicada, determinando a resistência característica à compressão de cada bloco, Quadro 6.

Quadro 6 – Resultados de resistência característica (fbk est)

Resistência Característica à compressão	Fbk (est) (MPa)
Resíduo Concreto	6,44
Resíduo Cerâmico	6,54
Cerâmico x Concreto	6,95
Agregados Naturais	13,61

Fonte: dados da pesquisa, 2018.

De acordo com Hibbeler, (2010, p.57) “a resistência de um material depende de sua capacidade de suportar uma carga sem deformação excessiva ou ruptura”.

Com os resultados obtidos do fbk (est), estão dentro dos limites mínimos exigidos por norma. De acordo com a tabela 3 da ABNT NBR 6136 (2014), citada anteriormente, o mínimo recomendado é ≥ 3 MPa.

Vários fatores podem contribuir para a interferência à resistência à compressão, conforme Mehta e Monteiro (2014); a porosidade e a relação água-

cimento são as principais causas que diminuem a resistência. Nas amostras utilizadas de resíduos cerâmicos e de concreto, devido à alta porosidade e à porcentagem de água, conforme demonstrado na metodologia, a resistência foi 95% menor do que a das amostras de agregados naturais, não descartando a possível utilização dos mesmos na fabricação dos blocos.

A porcentagem de água acrescida no processo de fabricação dos blocos foi principalmente para compensar a absorção dos resíduos em especial ao resíduo cerâmico e proporcionar a trabalhabilidade de moldagem dos blocos. Devido ao tipo de absorção de água dos resíduos cerâmicos e de concreto, no momento de mistura de seus traços, houve a necessidade acrescentar 6,63% (1 litro) de água no traço com resíduo de concreto, 23,11% (3,7 litros) de água no traço com resíduo cerâmico e 29,74% (4,7 litros) de água no traço de resíduo de concreto com resíduo cerâmico. Porém, no momento da mistura dos traços de resíduo cerâmico e misto, houve a necessidade de acrescentar mais 14,4% (2,3 litros) de água para o traço de resíduo cerâmico e 20,27% (3,3 litros) de água para o traço misto, acréscimos estes necessários para compensar a trabalhabilidade da mistura vista a olho nu no ato de mistura do concreto.

O acréscimo de água, além de ser essencial para o traço, faz com que a relação água-cimento seja alterada; como consequência desse fato, a resistência dos blocos é diminuída no seu estágio final. Contudo, mesmo com essas alterações, os blocos atenderam os requisitos mínimos da ABNT NBR 6136 (2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em função dos ensaios laboratoriais realizados e da fabricação dos blocos, pode-se avaliar o índice de absorção das amostras de concreto e cerâmicas, ambos apresentaram o índice de absorção de água bem acima do que os agregados naturais.

Os requisitos físicos, como a análise dimensional, atenderam a ABNT NBR 6136 (2014), com as amostras utilizadas, portanto a análise foi satisfatória. Porém, algumas amostragens, por constatação visual, não estavam em conformidade devido a superfícies irregulares.

De acordo com os valores de resistência à compressão de cada amostragem, percebe-se que os blocos com agregados de resíduos obtiveram uma resistência média de 6,64 Mpa, ainda sim consideravelmente menor que dos agregados naturais, porém os agregados reciclados atenderam os requisitos mínimos preconizados na ABNT NBR 6136 (2014).

Esta pesquisa possui cunho técnico para aplicação ou substituição de resíduos em materiais na construção civil. Conclui-se, então, que os resíduos de concreto e de materiais cerâmicos possuem viabilidade técnica e sustentável na aplicação de blocos com fins não estruturais, desde que não altere o traço e os materiais utilizados no processo de fabricação.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley. **O desafio da sustentabilidade na construção**

civil. Serie. São Paulo: Blucher, 2011. 5 v. (Série Sustentabilidade).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria: Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **ABNT. NBR 7211**: Agregados para concreto: Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **ABNT. NBR 12118**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **ABNT. NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos: Blocos e tijolos para alvenaria Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **ABNT. NBR NM 27**: Agregados: Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **ABNT. NBR NM 45**: Agregados: Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **ABNT. NBR NM 53**: Agregado graúdo: Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **ABNT. NBR NM 248**: Agregados: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

BAUER, Luiz. **Materiais de construção 1**. 5. ed. rev. Rio de Janeiro: LTC, 2015a. 1 v.

BAUER, Luiz. **Materiais de construção 2**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015b. 2 v.

FERNANDES, Idário. **Blocos e pavers**: produção e controle de qualidade. 6. ed. Ribeirão Preto, SP: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais, 2015.

HIBBELER, Russell. **Resistência dos materiais**. 7. ed. São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall, 2010.

ISAIA, G. *et al.* **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. at. e amp. São Paulo: Arte Alternativa, 2010. 1 v.

MEHTA, P. kumar; MONTEIRO, Paulo. **Concreto**: microestrutura, propriedades e materiais. 2. Ed. São Paulo, SP: IBRACON, 2014.