



## **ESTUDO DE RESISTÊNCIA BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL E DE VEDAÇÃO COM SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADO MIÚDO POR REJEITO DA PRODUÇÃO DO MESMO**

**Alan Crepaldi Portilho \***

**Alex Floriano Nunes \***

**Cristian Moya Gómez \***

**Eduardo Santos Ferrufino \***

**Lucas da Silva Brito \***

**Romulo Prado Jacob \***

**Valmir de Jesus Rodrigues Almenara \*\* - [valmir.almenara@athonedu.com.br](mailto:valmir.almenara@athonedu.com.br)**

**Resumo:** O trabalho faz uma análise de blocos de concreto produzidos totalmente com a utilização de agregados reciclados provenientes de dejetos e resíduos de construção civil, sendo demonstrada a aplicabilidade dentro de uma obra. Temos como objetivo incentivar a fabricação destes blocos, o que seria uma destinação viável e ecologicamente correta para os entulhos gerados em uma construção. Os métodos de análise utilizados são todos conforme normas técnicas, buscando viabilizar o processo de fabricação destes blocos. Ao final do estudo, realizamos comparações entre o bloco obtido e os já existentes no mercado.

**Palavras-Chaves:** resíduos de construção e demolição (RCD), agregado reciclado, bloco de concreto, construção civil.

**Abstract:** The work makes an analysis of concrete blocks totally produced with the use of recycled aggregates from waste and civil construction waste, being demonstrated the applicability within a work. Our goal is to encourage the manufacture of these blocks, which would be a viable and ecologically correct destination for the debris generated in a construction. The analysis methods used are all according to technical standards, seeking to make the manufacturing process of these blocks feasible. At the end of the study, we made comparisons between the block obtained and those already existing in the market.

**Keywords:** construction and demolition waste (C&D), recycled aggregate, concrete block, civil construction.

## 1. Introdução

A incessante busca por métodos de construções ecologicamente viáveis e um melhor aproveitamento dos rejeitos da construção civil, obriga diariamente os construtores e fabricantes de materiais a buscarem por meios alternativos de reciclagem, com o intuito de reduzir ou amenizar o impacto financeiro e ambiental causado pelo desperdício e pela alta demanda de matéria-prima.

Com a indústria da construção civil sendo responsável por uma grande parcela do produto interno bruto (PIB) do país e pela quantidade enorme de pessoas trabalhando neste ramo (a construção é responsável por cerca de 50% dos resíduos sólidos gerados hoje segundo o IBERE), torna-se imprescindível esse estudo.

Devido à grande dificuldade de descarte apropriado dos resíduos e dejetos da construção civil, poucos municípios possuem a infraestrutura necessária que os habitantes e os responsáveis da área de obras precisam para realizar corretamente o descarte destes rejeitos, acarretando assim em um descarte inapropriado.

Devido a isso, esse material descartado deixa de ser reutilizado em um processo que poderia evitar danos ambientais (devido a constante extração e descarte inapropriado) e também evitar perdas econômicas, tendo em vista que muitas das vezes os resíduos podem ser utilizados em outros âmbitos voltados a construção civil.

A maioria dos dejetos de obras tratam-se de cerâmicas, argamassas e concreto, os quais podem ser reaproveitados como agregados, além de outros materiais encontrados que podem ser reutilizados em outros âmbitos.

Sabendo que estes dejetos que podem ser utilizados como agregados formam uma mistura de diferentes classes de materiais, o que influencia nas características da matéria prima, com o trabalho iremos verificar a sua atuação quando utilizado como agregado

reciclado para a fabricação de blocos de concreto estrutural e de vedação, estudando suas propriedades e verificando qual a melhor utilização destes blocos.

“A vida útil de um produto é sempre limitada, não existindo produto que não se torne resíduo. Assim, a minimização da geração de resíduos, a reutilização deste material, aplicando-o em outro uso e a reciclagem dos resíduos, transformando-os em um subproduto, são alternativas para a consolidação do desenvolvimento sustentável (JOHN, 2000, apud HOOD, 2006).”

## **2. Agregado**

### **Histórico**

Atualmente, com o avanço e desenvolvimento de todo o país, temos como resultante o crescimento das obras de construção civil, acarretando na grande geração de entulho. O setor que mais causa degradação ambiental é o da construção com os resíduos de construção e demolição mais conhecidos como RCD. Isso é devido a quantidade de resíduos gerada todo dia pela ignorância e falta de empatia das pessoas que fazem o descarte em lugares indevidos. Segundo Pinto (1999) em cidades brasileiras de médio e grande porte, os resíduos originados de construções e demolições (RCD) representam cerca de 40% a 70% de todos os sólidos das cidades brasileiras, e deste total, 70% poderia ser reciclado ou reutilizado.

Existem registros das usinas de reciclagem no Brasil desde 1986, onde haviam apenas 16 usinas de reciclagem no país, no entanto houve um aumento expressivo em relação a quantidade de usinas quando foi publicada a resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em 2002. Isso é devido porque a partir desta norma os resíduos que eram gerados se tornaram responsabilidade dos próprios geradores, com isso, para o setor privado se tornou interessante o investimento em usinas para a reciclagem de RCD (ABRECON, 2015). De acordo com o que mostraram os levantamentos de Miranda (2009), no ano de 2009 haviam aproximadamente 48 usinas de reciclagem no Brasil sendo que cerca de metade delas eram públicas, também estimou que 4,8% do material para reciclagem era devido a reciclagem de RCD e tinha uma previsão de um crescimento no mercado em relação as usinas móveis. Segundo a pesquisa da ABRECON (Associação Brasileira para a Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição, 2015), no ano de 2015 obtiveram como resultado de uma pesquisa a resposta de 105 usinas e estimaram que esta quantidade representa aproximadamente 30% do total número de usinas no país todo.

De acordo com o estudo de Pinto (1999, apud BROCARDI et al., 2015), é gerado 500 kg/hab.ano de RCD no Brasil, e segundo a projeção de população do IBGE o Brasil possui aproximadamente 211 milhões de habitantes, sendo assim, é produzido cerca de 105.500.000 kg de RCD por ano no país.

Conforme a pesquisa da ABRECON 2014/2015 estão sendo reciclados cerca de 21% dos resíduos sólidos da construção ao ano, o que é uma boa evolução comparado aos anos anteriores, porém em números ainda é muito pouco para suprir todo o resíduo gerado no país.

#### Definição

Resíduos de Construção e demolição RCD é considerado todo e qualquer resíduo oriundo de atividades de construção sejam elas demolições, de novas construções, reformas, que envolvam atividades de obras de arte, limpezas de terreno com presença de solos e vegetação e reformas, tais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, entre outros, comumente chamados de entulhos de obras, calça ou metralha (ÂNGULO, 2000; BRASIL, 2002).

A Resolução 307 (2002) alterada pela 448 (2012) também considera que:

“Os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.” (CONAMA, 2002).

Segundo a Resolução nº307 (CONAMA, 2002), posteriormente alterada pela Resolução nº431 (CONAMA, 2011), os Resíduo de Construção e Demolição (RCD) podem ser classificados em quatro classes:

I – Classe A - São resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, assim como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, entre outros), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras; II - Classe B – São resíduos recicláveis para outros objetivos, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, gesso, madeiras e outros; III – Classe C – São resíduos quais não foram desenvolvidos tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; IV –

Classe D – São resíduos perigosos, os quais podem ser contaminantes ou tóxicos, tais como tintas, solventes, óleos, amianto ou qualquer outro material prejudicial à saúde.

“Para as obras de demolição, as características de seus resíduos também variam de acordo com o tipo de estrutura a ser demolida e da técnica utilizada. Entretanto, de maneira geral, os resíduos de demolição consistem em alto percentual de material inerte, como tijolos, areia e concreto. Metais, madeira, papéis, vidro, plásticos e outros materiais também aparecem em menor porcentagem” (POON et al., 2001; apud OLIVEIRA et al., 2011).

Segundo Grubba (2009, apud JACQUES, 2013, p.21), o processo de reciclagem dos RCD de classe A, é feito basicamente através das operações de triagem, britagem e peneiramento. Feito isso os RCD são separados basicamente em dois grupos: agregados reciclados de concreto e agregados reciclados mistos.

De acordo com a NBR 15116 (2004), classifica-se os RCDs classe A em dois tipos:

- Agregado Reciclado de Concreto (ARC) – Obtido por reciclagem de concreto fresco ou endurecido, constituído na sua fração graúda (superior a 4,75mm) de no mínimo 90% em massa de fragmentos à base de cimento ou de material pétreo;
- Agregado Reciclado Misto (ARM) – Obtido de acordo com o item de Agregado Reciclado de Concreto (ARC), constituído na sua fração graúda (superior a 4,75mm) por menos de 90% em massa de fragmentos à base de cimento ou material pétreo.

Conforme determinação por norma ABNT NBR 7211 (2005), agregados miúdos são agregados cujos grãos apresentem dimensões entre 150µm e 4,75mm e agregados graúdos são agregados cujos grãos apresentem entre 4,75mm e 75mm.

Devido a diferença do tamanho das partículas dos materiais agregados, os mesmos recebem denominações específicas:

- Fíler: material com dimensão inferior à malha de 75µm;
- Areia: material encontrado em estado natural com dimensão inferior a 4,75mm;
- Pó de brita: material obtido artificialmente por meio de fragmentação com dimensão inferior à 4,75mm;
- Seixo rolado: material fragmentado em estado natural, com dimensão superior a 4,75mm;
- Brita: material obtido por trituração de rochas artificialmente, com dimensão superior a 4,75mm.

Por norma e designação comercial, as britas recebem as seguintes classificações:

- Pedrisco: de 4,75 a 9,5mm;
- Brita 1: de 9,5 a 19mm;
- Brita 2: de 19 a 38mm;
- Brita 3: de 38 a 76mm;
- Rachão: superior a 76mm.

A definição dos agregados com relação as suas dimensões são importantes para um bom arranjo no concreto, para obter-se um menor índice de vazios, melhorando as propriedades do bloco. Com uma junção de duas ou mais granulometrias do agregado, torna-se um produto com maior densidade, visto que as partículas de granulometrias inferiores preenchem os espaços das partículas com granulometria maior, assim sucessivamente.

#### Britagem

Para adquirir a granulometria adequada para a utilização dos agregados reciclados, o RCD deverá passar pelo processo de britagem, que consiste em fragmentar os materiais passando pelo britador até atingirem o tamanho desejado.

Os equipamentos para a britagem são os seguintes: calha vibratória, triturador, transportadora de correia, extrator de matérias ferrosos e um conjunto de peneiras (ÂNGULO, 2000)

Os britadores mais utilizados para a fragmentação do RCD são os de mandíbula e o de impacto. Os britadores de mandíbula processam o material através do esmagamento das partículas, não reduzindo significativamente o seu tamanho, tendo a necessidade de refazer a britagem em caso de se precisar de partículas menores, necessitando-se utilizar outro britador. O britador de impacto fragmenta o material através de martelos maciços fixados por um rotor e pelo choque com placas fixas, produzindo partículas inferiores ao processo de britagem por mandíbula.

Para uma britagem de menor granulometria, os moinhos rotativos são mais recomendados devido ao grau de precisão, geralmente utilizados após a passagem do material por um outro britador. O moinho rotativo consiste numa câmara de britagem e cilindros ou esferas que com o impacto, fragmentam o material, produzindo um agregado miúdo.

Visto também que o material que irá passar pelo processo de britagem não é puramente composto de materiais classe A, deve ser avaliado a necessidade de separação de todo o material no meio do processo, com o intuito de separar todo material ferroso

e/ou madeira e/ou plásticos do composto. Essa separação deve ser feita após o processo de fragmentação, podendo ser utilizado um separador magnético ou um tanque de apuração por flutuação (separando o material por densidade).

Após a britagem e a separação dos materiais não pertencentes a classe A, o material passa por uma série de peneiras vibratórias que separam e classificam os agregados por granulometria, podendo ser peneiras inclinadas, rotativas ou horizontais e posteriormente ocorre a estocagem do material, sendo em pilhas ou em silos. Somente após todo esse processo o agregado estará pronto para a utilização.

Os agregados, areia natural e/ou pó de pedra, representam cerca de 75% a 85% do volume total da mistura que compõe a massa dos blocos, portanto a forma de armazenamento é fundamental para evitar contaminação e possibilitar uma dosagem consistente em todo processo.

#### Características

As propriedades dos agregados são fundamentais para a produção de blocos de concreto, tendo em vista que interferem diretamente na aderência com o cimento, alterando a resistência do concreto.

De acordo com Carneiro (1999; apud FILHO, 2007, p. 50), a distribuição contínua dos agregados influencia o índice de vazios, o consumo de aglomerante e a água para o amassamento. Assim, para a argamassa preparada com a areia cuja a granulometria seja contínua, em teoria, terá menor índice de vazios e consequentemente menor consumo de aglomerante. Todavia, uma argamassa preparada com areia de granulometria descontínua, ou não uniforme, terá maior índice de vazios, precisando de maior quantidade de água para o amassamento.

Segundo Frondistou-Yannas (1980; apud BUTTLER 2003), com a substituição dos agregados grãos naturais por agregados grãos reciclados com dimensões máximas de 25,4mm (obtidos através da britagem da parte de uma laje de concreto com dois anos de construção) para a utilização em concreto, concluiu-se que a resistência a compressão foi 4 a 14% inferior à de um concreto referência com a utilização de um agregado natural com as mesmas características; o efeito mais expressivo foi em seu módulo de elasticidade, o qual reduziu cerca de 40% comparando com o concreto referência. Esse fato já era esperado, uma vez que o módulo de elasticidade do concreto é influenciado diretamente pelo módulo de elasticidade do agregado, tendo o agregado reciclado uma elasticidade inferior ao agregado convencional.



Já Hansen (1985; apud BUTTLER 2003), analisou algumas propriedades dos agregados reciclados e concluiu que, em agregados graúdos com dimensões entre 16 a 32mm obteve-se aderência de aproximadamente 30% de argamassa; em agregados graúdos com dimensões entre 8 e 16mm obteve-se aderência de 40%; em agregados entre 4 e 8mm chegou-se ao índice de 60%. Assim, a massa específica do agregado reciclado é cerca de 5 a 10% inferior que a massa específica do agregado convencional devido a quantidade de argamassa aderida ao material.

As principais conclusões chegadas pelos pesquisadores citados, com estudos utilizando a substituição do agregado convencional pelo agregado reciclado foram: a trabalhabilidade dos concretos com agregados graúdos reciclados é menor que a trabalhabilidade do concreto natural e, isso pode ser explicado pela alta absorção do agregado reciclado; e o módulo de elasticidade do concreto reciclado é menor que do concreto natural; para substituição total do agregado natural pelo agregado graúdo reciclado, esse valor fica em torno de 80% do encontrado para um concreto natural.

#### Casos

Mesmo tendo certas características que desfavorecem o seu uso, os agregados podem apresentar resultados satisfatórios se forem aplicados corretamente, por isso várias alternativas sustentáveis têm sido consideradas em favor da reutilização e da reciclagem dos RCDs como base em obras de pavimentação, na produção de argamassas, blocos e outros empregos do concreto, em sistemas de drenagem, em obras de contenção, entre outros (MESQUITA et al., 2015)

Paula (2010, apud MESQUITA et al., 2015) realizou uma análise para verificar a viabilidade do uso de agregado reciclado miúdo na confecção de blocos de concreto para fins de vedação, utilizando cimento e agregado miúdo em um traço de 1:6 respectivamente. Foram realizados os testes em quatro situações, com a troca de 25, 50, 75 e 100% do agregado miúdo natural (areia) por agregados miúdos reciclados, e se concluiu que não afetou de modo significativo as características funcionais dos blocos, que segundo seus testes os resultados foram 3,67 MPa, 2,63 MPa, 2,44 MPa e 2,03 MPa, respectivamente para o ensaio de resistência a compressão.

Seguindo que também pode ser utilizado em obras de pavimentação, temos o exemplo do trabalho realizado em São Paulo nas vias internas do campus da USP. Todo o sistema de vias do campus, que possui mais de 2 quilômetros de extensão, foi nomeado como “pavimento ecológico”, pois teve como sistema de pavimentação camadas de



agregado reciclado de construção e demolição e revestimento de asfalto borracha. Foram feitos ensaios de deformabilidade no local para obter um maior controle sobre as várias propriedades que pudessem fornecer melhores conclusões deste agregado, que comprovaram ser caracteristicamente muito parecidos com a brita graduada simples, sendo aconselhado seu uso em obras de pavimentação como sub-base ou camadas de subleito (BERNUCCI, et al., 2009).

Outro ponto passivo de reflexão, com o aumento gradual e constante no preço dos materiais de construção e já considerando o seu elevado custo, foi se tornando vantajoso o investimento em agregados reciclados, então além de pensar na questão ambiental também podemos adquirir vantagem econômica como comprova a pesquisa setorial da ABRECON (2015), que conforme os resultados da pesquisa os agregados reciclados em 66% dos entrevistados são vendidos o m<sup>3</sup> por menos de R\$30,00, e em 32% por menos de R\$20,00, enquanto a média dos agregados naturais em geral é de R\$90,00. Pensando nessa vantagem econômica, Santos (2015) avaliou o custo de uma obra de pavimentação em Joinville-SC empregando agregado reciclado como sub-base, em uma fração de 44% de solo e 56% de agregado reciclado tendo como resultado uma redução de 8,8% no custo total da obra considerando 1 km de extensão. Já em questão a blocos de concreto com RCD, Bastos (2016) analisou a fabricação dos blocos para vedação no canteiro de obras e além de obter resultados satisfatórios em relação a sua resistência, concluíram que a unidade do bloco custaria R\$0,65 enquanto o tradicional custa R\$1,34.

Mesmo com todos os dados citados, comprovando as vantagens, no Brasil ainda temos o preconceito em relação ao uso destes materiais reciclados e geralmente quando se trata de algo novo é muito difícil ser aceito dentro da cultura do nosso país. Mesmo se tendo início desde a década de 80 nunca se teve muita publicação ou até possíveis leis aplicadas deste assunto pelos órgãos públicos para que pudesse ser feita sua divulgação e influenciar o uso dos agregados reciclados, como acontece em outros países segundo o que Buttler (2007) afirma:

“Em vários países, tais como, Holanda, Inglaterra, Bélgica, Dinamarca, Japão e Hong Kong existem regulamentações e decretos que tratam do gerenciamento e deposição dos resíduos de construção, com a aplicação de severas taxas sobre os resíduos que são depositados no meio ambiente. Na Inglaterra, por exemplo, o governo cobra pelos resíduos que são gerados nas obras e impõe elevadas taxas para a exploração de agregados naturais visando incentivar o reaproveitamento de materiais reciclados. Na Holanda, país que pode ser considerado como exemplar na questão de reaproveitamento de RCD, a forma encontrada pelo governo para coibir o desperdício e promover a reciclagem, atingindo níveis superiores a 80%, foi aumentar em cerca de cinco

vezes as taxas para deposição dos resíduos no meio ambiente; acrescenta-se a isso, a enorme pressão da própria sociedade contra a utilização de áreas para a deposição de resíduos e exploração de recursos naturais.” (BUTTLER, 2007).

### **3. BLOCOS DE CONCRETO**

#### **Definição**

A normalização brasileira define os blocos de concreto em dois tipos basicamente: para vedação (NBR 7173/82) e bloco estrutural (NBR 6136/2016). Independente da sua aplicação, o bloco estrutural deve ser vazado, ou seja, sem fundo.

De acordo com a NBR 6136, define-se bloco como um elemento de alvenaria cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta. Os blocos de classe AE são utilizados em paredes externas acima ou abaixo do nível do solo, podendo estar expostas à umidade ou intempérie sem receber revestimento de argamassa enquanto os blocos de Classe BE são utilizados acima do nível do solo. Além disso devem ser revestidos e não devem estar expostas a intempéries.

Os blocos estruturais possuem maior resistência a compressão e a intempéries externas, como chuvas e ventos, portanto deve ser devidamente planejado. O mesmo deverá ser capaz de suportar todas as cargas, a de seu próprio peso, lajes, coberturas, sendo bem eficientes em edifícios de média e baixa escala, até doze pavimentos

Já os blocos de vedação possuem resistência inferiores, são utilizados entre os elementos estruturais de modo a garantir as condições térmicas e climáticas e a completa divisão de ambientes. As dimensões dos blocos, sendo de concreto ou cerâmico são citadas sequencialmente por sua largura, altura e comprimento (ex. 14x19x39cm, 19x19x39cm, entre outros), podendo variar de dimensões conforme a sua aplicação na obra e são utilizadas as seguintes normas:

NBR 7173/82 – Bloco vazado de concreto simples para alvenaria sem função estrutural;

NBR 6136/16 – Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural;

NBR 12118/13 – Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural –

Métodos de ensaios.

#### **Histórico**

Os blocos de concreto passaram a serem utilizados no Brasil por volta de 1940, com a construção de 2400 residências do conjunto habitacional do Realengo na Cidade do Rio de Janeiro.

As primeiras máquinas destinadas à produção dos blocos de concreto no Brasil, foram importadas dos Estados Unidos na década de 1950, marcando o início da história desses componentes no país (BARBOSA, 2004, apud SOUZA et al., 2008).

Em 1966, instalou-se em São Paulo a primeira fábrica de blocos de concreto de alvenaria. Todavia, a consolidação da utilização de blocos aqui no Brasil só veio a partir de 1970, quando começaram a surgir as primeiras obras feitas em alvenaria armada em blocos de concreto.

Um fato importante ocorrido também nessa época foi a utilização de blocos de concreto na construção de núcleos habitacionais próximos às hidrelétricas, sendo utilizados como matéria prima, o resíduo originado na britagem dos agregados que eram utilizados nas construções das barragens (MEDEIROS, 1993, apud SOUZA et al., 2008).

Os requisitos a serem respeitados pelos blocos de concreto, de acordo com as exigências da NBR 12118 (2013) são: análise dimensional, determinação de absorção de água e área líquida, resistência à compressão e retração por secagem, contribuindo para a qualidade do produto final. (SOUZA, et al., 2008).

#### Vantagens

O bloco de concreto possui inúmeras vantagens, como poderemos ver a seguir:

Uma excelente resistência principalmente comparada ao cerâmico, isso faz com que haja menos perda de material, consequentemente diminuição de entulho, por causa da sua excelente resistência, eles oferecem isolamento contra certas espécies de insetos, ou seja, evitando cupins, por exemplo.

Propõem maior produtividade para a obra, já que ao utilizar os blocos de concreto em grandes dimensões, é possível construir paredes bem niveladas e com excelente alinhamento, tudo isso com muita rapidez, otimizando, assim, o tempo de execução da obra e por serem compostos por furos, feitos de forma vertical, que facilitam a passagem dos sistemas elétricos e hidráulicos, ou seja, não é preciso se preocupar com muitas quebras ou cortes nas paredes para realizar uma obra completa.

Isolamento acústico, por causa dos furos verticais, na parte interna das peças que auxiliam na distribuição do som. Gerando um ótimo isolamento acústico para o ambiente, consequentemente indo na mesma lógica o bloco de concreto também é um isolante térmico, gerando um clima agradável para os espaços tanto para tempo frio como para calor.

Dimensões impecáveis como são produzidos com medidas extremamente precisas, o bloco reduz a aplicação dos revestimentos e desperdícios causados por quebras. Embora esse material possua um valor mais elevado quando comparado aos blocos cerâmicos, por exemplo, seu custo em uma obra tende a ser mais baixo já que haverá menor uso da argamassa de revestimento.

Aplicação direta de revestimento, já que apresentarem grandes dimensões, os blocos de concreto estrutural permitem que os revestimentos sejam aplicados de forma direta. Nas construções industriais, há também a opção de deixar os blocos à mostra, aplicando somente uma pintura no futuro, sem a necessidade da argamassa.

Variedade de medidas e formas possui blocos de concreto estrutural de várias formas e dimensões, como canaletas, vigas, elementos de travamento, entre outros, ou seja, a uma perfeita modulação para projeto, evitando quebras e cortes desnecessários, aumentando a produtividade e reduzindo desperdícios.

#### **Produção**

O processo de fabricação do bloco inicia-se analisando os materiais a serem utilizados, com o intuito de verificar a qualidade do material e obter dados como sua massa específica, granulometria, entre outros.

Os agregados (areia e/ou pó de brita) juntamente com o cimento, água e aditivos são inseridos no misturador, podendo o mesmo ser rotacionado no eixo x ou eixo y (os quais apresentam maior homogeneização) ou ser basculante (o mesmo não é eficiente em massas mais secas, tendo baixa homogeneidade); após a homogeneização, a mistura é levada as prensas, podendo ser prensas pneumáticas e hidráulicas (sendo eficientes na conformação dos blocos) ou mecânicas (as quais não apresentam conformação adequada, podendo gerar blocos com alta porosidade e de baixa resistência); posteriormente ao processo das formas, os blocos são levados a um depósito onde ficam protegidos de sol e vento, devido esses fatores absorverem a água presente no bloco, deixando-os quebradiços, com menor resistência e maior variabilidade (algumas fábricas possuem câmara a vapor para acelerar o processo de cura). O recomendado é manter os blocos em ambiente úmido e sem ventilação pelo maior tempo de cura possível. Após o processo de fabricação e cura do bloco, os mesmos podem ser identificados e estocados.

Com o produto já finalizado, os mesmos podem ser recolhidos para amostras para o ensaio laboratorial conforme normas técnicas regulamentadoras, garantindo sua qualidade e segurança para o destinatário.

Produção feita pela empresa Bloco Art

Escolhemos para realizar nosso estudo a empresa Bloco Art Indústria e Comércio Ltda EPP que se localiza na região de Sorocaba. A mesma utiliza um moderno processo de produção de blocos de concreto, com equipamentos automatizados e produção da ordem de 8 blocos por minuto. Destacamos os modernos processos de controle de qualidade e cura do concreto, ensaios de laboratório, sistemas de rastreamento, estocagem dos blocos, envelopamento da carga com filme plástico e movimentação da carga. Nas visitas realizadas pelo grupo ficou clara a excelência dos métodos e equipamentos.

O processo de produção começa com a separação dos materiais que irão compor a fabricação dos blocos, que devem ser selecionados, sendo eles o cimento e os agregados (areia, pedra, pó de granito e pó de calcário). Um ponto crítico nessa etapa é assegurar a granulometria e homogeneidade ideais das matérias-primas.

A granulometria utilizada no traço é composta por 10% de grãos de 6mm, 80% de grãos de 2mm a 1mm e 10% de grãos menores que 1mm. Observou-se que o cimento é armazenado em sacos de 18kg, quantidade planejada para o traço, tornando mais prático o processo de fabricação.



Figura 1 – Agregado de areia na cor clara e o agregado de pedra na cor cinza escuro (fonte: Acervo pessoal, 2020).



Figura 2 – Agregado de pó granito na cor cinza claro e o agregado de pó calcário na cor cinza escuro (fonte: Acervo pessoal, 2020).



Figura 3 – Armazenagem de cimentos (fonte: Acervo pessoal, 2020).

### Método de produção

Primeiro passo para fazer a mistura é levar os materiais até um misturador forçado de eixo horizontal, com hélices – as quais proporcionam boa homogeneização. Esteiras são responsáveis por transportar os materiais utilizados na fabricação dos blocos. Os componentes que chegam pela esteira são levados até o misturador, onde são homogeneizados.





Figura 4 – Equipamento onde é realizada a pesagem dos agregados e cimento e onde é transportado o material até o misturador (fonte: Acervo pessoal, 2020).

Após o concreto produzido, o mesmo é transportado a um silo sobre prensa, a qual proporciona o formato final. Etapa seguinte e final é o envio para cura.



Figura 5 e 6 – Prensa e o molde utilizado conforme a família do bloco (fonte: Acervo pessoal 2020).





Figura 7 – Após a prensa do bloco, é transportado pela esteira para ser armazenado para seu tempo de cura inicial que seria de 24 horas (fonte: Acervo pessoal, 2020).

Na etapa de cura, os blocos são empilhados sobre madeiras e cobertos com uma lona preta para mantê-los aquecidos e adquirir uma maior resistência. Permanecem armazenados até atingirem a resistência ideal, a qual é comprovada por meio de ensaios de ruptura e de mensuração de dimensões e demais aspectos pertinentes, através de amostra.



Figura 8 – Blocos imediatamente após serem prensados (fonte: Acervo pessoal, 2020).

Verificamos que a qualidade e durabilidade do bloco de concreto, são garantidas por armazenamento em locais adequados, com separação por tipo, dimensão e resistência, o que facilita o manuseio.



Figura 9 – Armazenagem para cura inicial por 24 horas (fonte: Acervo pessoal, 2020).

Detalhando melhor o tema das amostras e ensaios:

Após três dias, 6 blocos de cada lote são colhidos para testes de resistência à compressão, além de inspeções de dimensões, acabamento, espessura, tonalidade e integridade. Os testes são repetidos depois de 28 dias. O estoque final (paletes) mantém os blocos íntegros até sua comercialização, facilitando e propiciando integridade na etapa de transporte e armazenamento para uso no cliente final.



Figura 10 – Armazenagem após a cura final (fonte: Acervo pessoal, 2020).

### Propriedades

O uso de agregado reciclado na confecção de blocos de alvenaria depende diretamente do âmbito de sua utilização. Através disso é que definimos quais serão os parâmetros de análise que o bloco terá a obrigatoriedade em atender. No caso do estudo que estamos realizando, a alvenaria voltada para fins estruturais e/ou de vedação, deve obrigatoriamente atender os parâmetros de resistência à compressão e índices de umidade ou taxa de absorção de água, características gerais de dimensão bem como qual será sua argamassa de assentamento.

### Dimensão

Os blocos de concreto são classificados por dimensão como M15 e M20 como pode-se ver na tabela a seguir:

| Dimensões | Largura (mm) | Altura (mm) | Comprimento (mm) |
|-----------|--------------|-------------|------------------|
| M-15      | 140          | 190         | 390 ou 190*      |
| M-20      | 190          | 190         | 390 ou 190*      |

Tabela 1 - Fonte: Transição de dados da NBR 6136 - \*meio bloco

### Compressão

De acordo com a NBR 12118, estruturalmente a principal diferença característica entre eles é possuir uma grande resistência à compressão, sendo que para se obter parâmetros estruturais ideais deve-se atingir um índice  $\geq 6,0$  Mpa (Classe A) de resistência característica, podendo-se admitir um índice  $\geq 4,0$  Mpa (Classe B) ainda como aceitável. Os blocos com resistência característica inferiores a significância (Classe C) podem ainda ser utilizados como alvenaria não - estrutural, ou seja, para uso de vedação. Já os blocos com resistências iguais ou inferiores a 2,0 MPa são totalmente desaconselháveis em sua utilização já que não possuem resistência suficiente sequer para suportar seu peso próprio.

| Classe | Resistência Característica (MPa) | Utilização    |
|--------|----------------------------------|---------------|
| A      | $\geq 6,0$                       | Estrutural    |
| B      | $\geq 4,0$                       | Estrutural    |
| C      | $\geq 3,0$                       | Vedação       |
| D      | $\geq 2,0$                       | Inutilizáveis |

Tabela 2 - Fonte: Transição de dados da NBR 6136

Empresas especializadas na confecção de blocos estruturais fabricam blocos que apresentam uma média de resistência à compressão alta (entre 12 a 15 MPa, podendo atingir até 20 MPa). Segundo Frasson Júnior (2000), a qualidade do maquinário e a do processo produtivo são fundamentais para alcançar a resistência e qualidade desejadas.

A resistência dos blocos é proporcional à energia de compactação utilizada na vibração, sendo a eficiência da vibro-prensa a responsável direta pela qualidade final das unidades produzidas. Na Figura, pode ser observada a influência do tipo de equipamento utilizado na moldagem sobre a resistência à compressão dos blocos (ALBUQUERQUE, 2005).

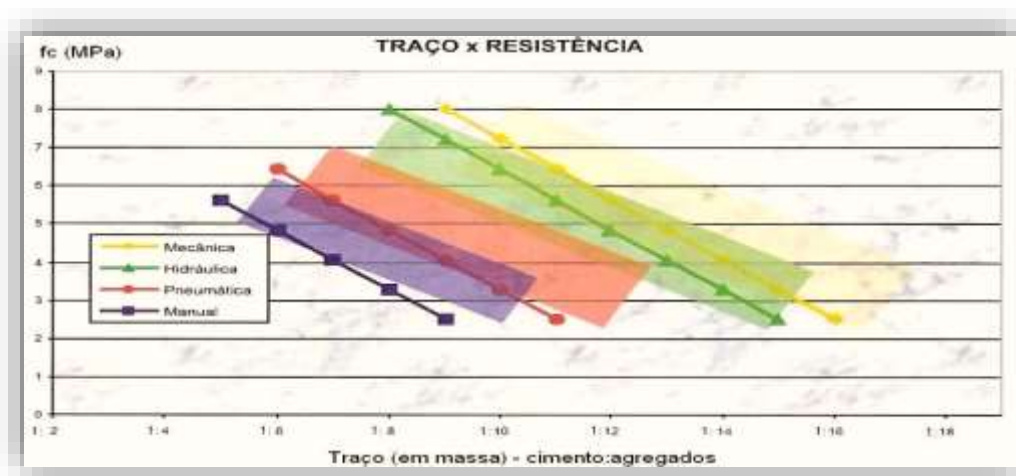


Gráfico 1 – Resistência à compressão dos blocos em função do tipo de vibro-prensa (fonte: Adaptado de Albuquerque, 2005).

#### Umidade

A umidade ou absorção de água é diretamente ligada com a impermeabilidade, ao acréscimo de peso imprevisto em paredes saturadas e conseqüentemente com sua durabilidade. A norma determinante na absorção dos blocos estruturais é a NBR 6136, ela classifica como indicador de durabilidade o índice de absorção, que para cada bloco deve ser menor ou igual a 10%.

Outro fator bastante importante é a absorção inicial (Determinada pela ASTM C67), e corresponde à capacidade de sucção do bloco. A Importância desse indicador é a definição do potencial de aderência no bloco quando usamos uma argamassa com retenção. A alvenaria de concreto deve apresentar no geral uma taxa de absorção inicial de sucção por volta de 0,265g/cm<sup>2</sup>/min.

A porosidade é o fator influenciador direto na absorção dos blocos, ou seja, quanto mais poroso é a alvenaria, maior será o fator de absorção. Por isso a necessidade em se encontrar um

ponto de equilíbrio nesse quesito, já que a absorção na quantidade correta ajuda na penetração dos aglomerantes que quando endurecem tornam os blocos, um conjunto coeso, monolítico. No entanto, se essa absorção é muito alta, pode comprometer o conjunto de reações químicas responsáveis pelo endurecimento, por isso que para garantir um bom equilíbrio devemos utilizar uma argamassa com padrão de retenção adequado.

#### **Materiais Constituintes Do Bloco**

Os blocos que estudaremos são confeccionados em concreto constituído por cimento Portland, água e agregados graúdo e miúdo. Na confecção devemos individualmente levar em conta que cada material atenda aos requisitos necessários.

#### **Cimento**

Deve-se somente utilizar cimentos que obedecem às especificações brasileiras, que são eles:

- Cimento Portland Comum CPI, CPI-S (NBR-5732)
- Cimento Portland Composto com: Escória, Pozolana ou Fíler CPII-E, CPII-Z e CPII-F (NBR-11578)
- Cimento Portland de Alto-forno CPIII (NBR-5735)
- Cimento Portland com Adição de Pozolânico CPIV (NBR-5736)
- Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (ARI) CPV – (NBR-5733)

A escolha do tipo de cimento utilizado irá influenciar diretamente na resistência, impermeabilização, retração e secagem do bloco e consequentemente no valor de confecção, deve-se então determinar qual será a prioridade que o bloco deve atender para sua confecção.

#### **Água**

A água é o elemento responsável pela hidratação do cimento e consequentemente seu endurecimento. Além disso, é ela quem determina uma melhor trabalhabilidade no estado fresco da argamassa. Deve-se dosar a quantidade de água colocada na mistura para que ela possa cooperar na trabalhabilidade sem com que afete o fator de resistência da argamassa nem causar segregação.

#### **Agregado**

Os agregados graúdos e miúdos assim como os demais devem atender aos requisitos da NBR-7211 quanto a dureza, granulometria e resistência à abrasão. Os agregados atuam como ligantes inertes quando misturados ao aglomerante (cimento) no concreto tendo como função tornar a mistura coesa. Geralmente na confecção de blocos de concreto utiliza-se o pedrisco (4,75 a 9,5mm) como agregado graúdo, e pó de brita (<4,75mm) como agregado miúdo.

De acordo com o parágrafo 1.6 de especificações da NBR-7211, a confecção de blocos utilizando agregados reciclados pode ser aceita desde que o mesmo seja classificado e separado em frações granulométricas ideais, atendendo aos requisitos exigidos pela norma.

As tabelas a seguir mostram os limites de distribuição granulométrica dos agregados:

| Peneira com abertura<br>de malha<br>(ABNT NBR NM ISO<br>3310-1) | Porcentagem, em massa retida, retida acumulada |                                     |                       |          |           |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------|-----------|
|                                                                 | Zona Granulométrica $d/D'$                     |                                     |                       |          |           |
|                                                                 | 4,75 / 12,5                                    | 9,5 / 25                            | 19 / 31,5             | 25 / 50  | 37,5 / 75 |
| 75 mm                                                           | -                                              | -                                   | -                     | -        | 0 - 5     |
| 63 mm                                                           | -                                              | -                                   | -                     | -        | 5 - 30    |
| 50 mm                                                           | -                                              | -                                   | -                     | 0 - 5    | 75 - 100  |
| 37,5 mm                                                         | -                                              | -                                   | -                     | 5 - 30   | 90 - 100  |
| 31,5 mm                                                         | -                                              | -                                   | 0 - 5                 | 75 - 100 | 95 - 100  |
| 25 mm                                                           | -                                              | 0 - 5                               | 5 - 25 <sup>2)</sup>  | 87 - 100 | -         |
| 19 mm                                                           | -                                              | 2 - 15 <sup>2)</sup>                | 65 <sup>2)</sup> - 95 | 95 - 100 | -         |
| 12,5 mm                                                         | 0 - 5                                          | 40 <sup>2)</sup> - 65 <sup>2)</sup> | 92 - 100              | -        | -         |

Tabela 3 – Limites de composição granulométrica do agregado graúdo

| Peneira com<br>abertura de<br>malha<br>(ABNT NBR NM<br>ISSO 3310-1) | Porcentagem, em massa, retida acumulada. |            |                    |                    |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------|--------------------|--------------------|
|                                                                     | Limites Inferiores                       |            | Limites Superiores |                    |
|                                                                     | Zona<br>Utilizável                       | Zona Ótima | Zona Ótima         | Zona<br>Utilizável |
| 9,5 mm                                                              | 0                                        | 0          | 0                  | 0                  |
| 6,3 mm                                                              | 0                                        | 0          | 0                  | 7                  |
| 4,75 mm                                                             | 0                                        | 0          | 5                  | 10                 |
| 2,36 mm                                                             | 0                                        | 10         | 20                 | 35                 |
| 1,18 mm                                                             | 5                                        | 20         | 30                 | 50                 |
| 600                                                                 | 15                                       | 35         | 55                 | 70                 |
| 300                                                                 | 50                                       | 65         | 85                 | 95                 |
| 150                                                                 | 85                                       | 90         | 95                 | 100                |

Tabela 4 – Limites de composição granulométrica do agregado miúdo



### 3.7 Dosagem

Cada concreto tem uma dosagem de matérias-primas e água diferentes, ou seja, o traço não é obrigatoriamente o mesmo em todas as situações, isso se dá ao fato da alteração da quantidade de materiais levando em conta a utilização e resistência do bloco.

A aprovação do traço deve considerar a textura da superfície, a resistência mecânica e a absorção de água do bloco. Para uma mesma resistência mecânica, os diversos tipos de equipamentos requerem proporções diferenciadas de cimento/agregados. Quanto mais eficiente a força de prensagem, maior a proporção do agregado utilizado na mistura e, conseqüentemente, pode-se otimizar o consumo de cimento. Contudo, as situações mais comuns podem ser baseadas pela tabela a seguir:

| <b>Tabela 5 - blocos de vedação 3 furos com fundo</b>                                                                            |                                                                                                                                   |                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>BLOCO DE 10</b><br>(09 x 19 x 39)<br>Consumo Médio 4,5 m <sup>3</sup>                                                         | <b>BLOCO DE 15</b><br>(14X19X39)<br>Consumo Médio 6,0 m <sup>3</sup>                                                              | <b>BLOCO DE 20</b><br>(19X19X39)<br>Consumo Médio 8,0 m <sup>3</sup>                                                            |
| <b>Traço 12 x 1</b><br>No pedrisco com o pó da<br>pedra (misto) 50% x 50%<br><i>Consumo médio de cimento</i><br><b>9,5 sacos</b> | <b>Traço 12 x 1</b><br>No pedrisco com o pó da<br>pedra (misto) 50% x 50%<br><i>Consumo médio de cimento</i><br><b>12,5 sacos</b> | <b>Traço 12 x 1</b><br>No pedrisco com o pó da<br>pedra (misto) 50% x 50%<br><i>Consumo médio de cimento</i><br><b>17 sacos</b> |
| <b>Traço 8 x 1</b><br>Na areia média / grossa mais<br>para grossa.<br><i>Consumo médio de cimento</i><br><b>14 sacos.</b>        | <b>Traço 8 x 1</b><br>Na areia média / grossa mais<br>para grossa.<br><i>Consumo médio de cimento</i><br><b>19 sacos.</b>         | <b>Traço 8 x 1</b><br>Na areia média / grossa mais<br>para grossa.<br><i>Consumo médio de cimento</i><br><b>25 sacos.</b>       |

| <b>Tabela 6 - blocos de vedação aparente 2 furos sem fundo parede de 20mm</b> |                                                                      |                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>BLOCO DE 10</b><br>(09 x 19 x 39)<br>Consumo Médio 4 ,5 m <sup>3</sup>     | <b>BLOCO DE 15</b><br>(14X19X39)<br>Consumo Médio 6,0 m <sup>3</sup> | <b>BLOCO DE 20</b><br>(19X19X39)<br>Consumo Médio 8,0 m <sup>3</sup> |
| <b>Traço 8 x 1</b>                                                            | <b>Traço 8 x 1</b>                                                   | <b>Traço 8 x 1</b>                                                   |

|                                                                                                     |                                                                                                     |                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Na areia média / grossa mais<br>para grossa.<br><i>Consumo médio de cimento</i><br><b>14 sacos.</b> | Na areia média / grossa mais<br>para grossa.<br><i>Consumo médio de cimento</i><br><b>19 sacos.</b> | Na areia média / grossa mais<br>para grossa.<br><i>Consumo médio de cimento</i><br><b>25 sacos.</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|

| <b>Tabela 7 - bloco estrutural 2 furos sem fundo parede 30mm / média 32,5mm</b> |                                                                                                                           |                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>BLOCO DE 10</b><br>(09 x 19 x 39)                                            | <b>BLOCO DE 15</b><br>(14X19X39)<br>Consumo Médio 8,5 m <sup>3</sup>                                                      | <b>BLOCO DE 20</b><br>(19X19X39)<br>Consumo Médio 12,0 m <sup>3</sup>                                                    |
| -                                                                               | <b>Traço 6 x 1</b><br>Na areia média / grossa<br>mais para grossa.<br><i>Consumo médio de cimento</i><br><b>36 sacos.</b> | <b>Traço 6 x 1</b><br>Na areia média / grossa<br>mais para grossa.<br><i>Consumo médio de cimento</i><br><b>50 sacos</b> |

#### 4. Materiais e métodos

No processo de fabricação dos nossos blocos, iremos utilizar como agregado os resíduos de blocos que foram danificados durante o processo de produção ou estocagem da empresa Bloco Art. Que será detalhado no processo a seguir.



Figura 11 e 12 – Rejeitos selecionados e agregado graúdo (fonte: Acervo pessoal, 2020)

Conforme exibido nas figuras 11 e 12, o material é selecionado e encaminhado a britagem. Assim, o processo inicia com a britagem mais robusta que foi feita com o britador de mandíbula, que fez o esmagamento do material maior, fragmentando em partículas não tão pequenas, por isso, para atingirmos a granulometria necessária foi utilizado um moinho rotativo, que fez a britagem maior, produzindo um material mais miúdo. Após a britagem, o material passou por mais um processo de separação, a fim de eliminar todos os materiais de outras classes ainda presentes no agregado, esse processo foi feito por meio de um separador magnético e tanque de apuração por flutuação. Posteriormente, o material foi levado através de esteiras para as peneiras vibratórias, fazendo então a separação granulométrica dos materiais. Os materiais separados após o processo de britagem podem ser vistos na figura abaixo.



Figura 13 – Britador de mandíbula (fonte: Acervo pessoal, 2020).



Figura 14 – Rejeitos selecionados para agregado miúdo (fonte: Acervo pessoal, 2020).

Adicionalmente acrescentamos o pó de granito e pó de calcário, que consiste no material passante na peneira com abertura de malha de 4,75mm e o pedrisco, que consiste no material passante na peneira com abertura de malha de 9,5mm e que ficam retidos na peneira de 4,75mm. Todo o material e área utilizada foi fornecido pela empresa Bloco Art Indústria e Comércio Ltda EPP.



Figura 15 – Agregado de pó granito na cor cinza claro e o agregado de pó calcário na cor cinza escuro (fonte: Acervo pessoal, 2020).

Foi utilizado como aglomerante o cimento CP-V ARI de acordo com a NBR 5733 (ABNT, 1991). Adotamos o traço para bloco comum de 1,00:5,0:2,6:14,2 utilizando cimento, pedra ½”, areia grossa, calcário e granito em pó e agregado reciclado respectivamente. E no traço com agregado reciclado foi substituído 10% do agregado fino, originalmente o pó de granito e o pó de calcário. Como com base nos estudos observamos que os agregados reciclados possuem uma maior absorção, a água foi adicionada gradativamente até obter a melhor consistência para o amassamento.

O cimento utilizado foi do tipo Portland respeitando todas as especificações da ABNT NBR 6136 (2004), respeitado todas as normas (ABNT NBR 5732, ABNT NBR 5733, ABNT NBR 5735, ABNT NBR 5736, ABNT NBR 5737 e ABNT NBR 11578), destinado à preparação de concretos e argamassas. A especificação completa do cimento é o (CP V – ARI), que atinge altas resistências já nos primeiros dias da aplicação. Este material foi disponibilizado pela CICAL Sorocaba, conforme figura a baixo.

Os blocos foram produzidos conforme processo descrito anteriormente. Os blocos de ensaio têm as dimensões nominais de 14x19x39cm e atendem aos requisitos exigidos pela NBR 6136/16 ou NBR 7173/82 (caso rejeitados pela norma de Blocos Estruturais). Foram curados em temperatura e umidade ambiente por 28 dias, conforme o padrão da cura do cimento.

Realizamos testes de resistência a compressão, conforme a NBR 6136 (ABNT, 2016) e descritos na NBR 12118 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio (ABNT, 2013).

Detalhando o ensaio de compressão axial, foi realizado em uma prensa equipada com dois pratos de apoio de aço e os blocos de ensaio. Os blocos de ensaio foram capeados com argamassa na intenção de deixá-los o mais plano possível, foram colocados na prensa com a parede de maior espessura na parte superior de modo que o seu centro de gravidade coincidiu com o eixo de carga; este ensaio nos forneceu os valores da carga de ruptura (em newtons - N) que dividido pela área bruta do corpo de prova (em milímetros quadrados – mm<sup>2</sup>) nos fornecem os valores de resistência a compressão (em megapascal – MPa).

Com os dados obtidos no ensaio foi realizada uma análise, comparando-os com o que é exigido pela norma, para propor a melhor utilização.

#### Traço para Bloco de Vedação

Conforme consultado na Pini (2000), o traço para o traço para a confecção de blocos sem função estrutural é feito por meio de uma dosagem experimental com os materiais disponíveis. Pode-se usar uma areia com qualquer graduação e o fator água/cimento, mantendo-se o traço do concreto constante, deve ser o menor possível.

O traço utilizado pela empresa Bloco Art Indústria e Comércio Ltda EPP em Sorocaba para confecção de blocos convencionais, obedece a uma proporção de 1,0:3,53:2,66:10,67, ou seja, a cada 1,0 porção de cimento, usa-se vezes 3,53 a quantidade de cimento em pedra ½”, 2,66 vezes a quantidade de cimento em agregado médio e 10,67 vezes a quantidade de agregado fino. A água de amassamento deve atender os critérios da ABNT NBR 15900 (2009), referente a água para amassamento do concreto.

Utilizou-se para fabricação do bloco reciclado o traço: 1,0: 3,5: 2,7: 8,8:1,5 sendo, 1 de cimento, 3,55 de pedra ½”, 2,7 vezes em agregado médio, 8,8 vezes em agregado fino e 1,5 vezes em material reciclado.

| Quantidade | Dosagem | B14X19X39 - 3,0 MPA         |
|------------|---------|-----------------------------|
| 1,0        | Kg      | Cimento                     |
| 0,53       | L       | Água                        |
| 3,53       | Kg      | Pedra 1/2"                  |
| 2,66       | Kg      | Areia grossa                |
| 3,33       | Kg      | Calcáreo moído              |
| 5,33       | Kg      | Granito moído               |
| 1,43       | Kg      | Agregado reciclado          |
| 2,00       | ML      | Produto químico dispersante |
| 14,90      | Kg      | Peso do bloco               |

Tabela 8 – Traço na dosagem utilizado para fabricar um bloco de vedação 3,0MPa (fonte: Acervo pessoal, 2020).

#### Traço para Bloco Estrutural

O traço utilizado pela empresa Bloco Art Indústria e Comércio Ltda EPP em Sorocaba para confecção de blocos estrutural, obedece a uma proporção de 1,0:4,40:2,26:12,59, ou seja, a cada 1,0 porção de cimento, usa-se vezes 4,40 a quantidade de cimento em pedra ½”, e 2,26 vezes a quantidade de cimento em agregado médio e 12,59 vezes a quantidade de agregado fino. A água de amassamento deve atender os critérios da ABNT NBR 15900 (2009), referente a água para amassamento do concreto.

Utilizou-se para fabricação do bloco reciclado o traço: 1,0:3,3:1,7:8,0:1,5 sendo, 1 de cimento, 3,30 de pedra ½”, 1,70 vezes em agregado médio, 8,0 vezes em agregado fino e 1,5 vezes em material reciclado.

| Quantidade | Dosagem | B14X19X39 - 4,5 MPA         |
|------------|---------|-----------------------------|
| 1,0        | Kg      | Cimento                     |
| 0,53       | L       | água                        |
| 3,33       | Kg      | Pedra 1/2"                  |
| 1,74       | Kg      | Areia grossa                |
| 2,0        | Kg      | Calcáreo moído              |
| 4,66       | Kg      | Granito moído               |
| 1,46       | Kg      | Agregado reciclado          |
| 2,00       | ML      | Produto químico dispersante |
| 12,55      | Kg      | Peso do bloco               |

Tabela 9 – Traço na dosagem utilizado para fabricar um bloco estrutural 4,5MPa (fonte: Acervo pessoal, 2020).

#### Moldagem dos corpos de prova



## ESTUDO DE RESISTÊNCIA BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL E DE VEDAÇÃO COM SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADO MIÚDO POR REJEITO DA PRODUÇÃO DO MESMO

Os materiais foram misturados de acordo com o traço e, posteriormente, colocados em uma fôrma com dimensões (140 x 190 x 390 mm). De acordo com a ABNT NBR 6136 (2014), conforme figura a baixo.



Figura 17 e 18 – Mostrando a forma de confecção dos blocos estrutural e de vedação assim como eles desformados (fonte: Acervo pessoal, 2020).

Foram confeccionados 10 corpos de provas para cada tipo de bloco tanto para o de vedação quanto para o estrutural, todos com a designação B-14 com dimensões de (140 x 190 x 390 mm), parede transversal e longitudinal com 25mm cada, conforme prescreve a ABNT NBR 6136 (2014). A Figura X mostra os blocos após serem desformados.



Figura 19 e 20 – Mostrando blocos já desformados e na estufa para secagem inicial e posterior para ser armazenado corretamente (fonte: Acervo pessoal, 2020).

Segundo a ABNT NBR 6136 (2014), os blocos devem ser curados por processos que assegurem a obtenção de um concreto homogêneo e compacto. Com base na ABNT

NBR 6136 (2014), deixou-se os blocos de concreto, curarem ao ar livre, por 28 dias após a sua confecção, como mostra a figura a seguir.



Figura 21 – Mostrando blocos já desformados e na estufa para secagem inicial e posterior ser armazenado corretamente (fonte: Acervo pessoal, 2020).

### DETERMINAÇÃO DA GRANULOMETRIA

Objetivo é determinar o tamanho e à distribuição das partículas dos agregados, possibilitando assim a determinação geral de suas características físicas.

#### Métodos de Determinação

No ensaio a amostra deve ser retirada dos próprios locais de canteiros de obras tendo cuidado de onde são retirados sendo importante sua representatividade, já no laboratório será feito o ensaio com duas amostras onde será colocado em estufa para posteriormente garantir uma amostra representativa. A massa mínima da amostra no ensaio determinasse conforme a tabela abaixo e DMC é estimada e no final deve-se observar se ocorreu compatibilidade entre DMC real com as massas utilizada nas amostras

| Dimensão Máxima Característica (DMC) do Agregado, em mm * | Massa Mínima da Amostra para o ensaio, em kg |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| < 4,8                                                     | 0,5                                          |
| 6,3                                                       | 3                                            |
| 9,5 < DMC < 25                                            | 5                                            |
| 32 e 38                                                   | 10                                           |
| 50                                                        | 20                                           |
| 64 e 76                                                   | 30                                           |

Tabela 18 – Dimensão máxima característica (DMC) do agregado em mm e Massa Mínima da amostra para o ensaio em kg.

**Método do Peneiramento.**

São um conjunto de peneiras sucessivas caracterizadas pelas aberturas da malha.

| <b>Série Normal</b> | <b>Série Intermediária</b> |
|---------------------|----------------------------|
| 76mm                | -                          |
| -                   | 64mm                       |
| -                   | 50mm                       |
| 38mm                | -                          |
| -                   | 32mm                       |
| -                   | 25mm                       |
| 19mm                | -                          |
| -                   | 12,5mm                     |
| 9,5mm               | -                          |
| -                   | 6,3mm                      |
| 4,8mm               | -                          |
| 2,4mm               | -                          |
| 1,2mm               | -                          |
| 0,60mm              | -                          |
| 0,30mm              | -                          |
| 0,15mm              | -                          |

Tabela 19 – Série Normal e Série Intermediária.

A peneira encaixa-se na ordem crescente da abertura das malhas, a amostra é colocada na peneira superior executando assim o peneiramento que pode ser manual ou mecânico, também pesa o material que ficou retido a cada peneira e faz o procedimento novamente até que após 1 minuto de agitação continua, pôr fim a massa do material passante pela peneira seja inferior a 1% do material retido.

#### Referências

- NBR 7217 – ABNT – “Agregados - Determinação da composição granulométrica”
- NBR 7211 – ABNT – “Agregados para concreto – Especificação”

#### Equipamentos e acessórios

- Balança com resolução de 0,1% da massa da amostra de ensaio;
- Estufa para secar a amostra;
- Peneiras das séries normal e intermediária, tampa e fundo;
- Pince.

#### Amostra

Trabalha-se com uma amostra representativa do bloco reciclado, obtida do repartidor de amostras.

#### Cálculos e Resultados

A soma de todas as massas retidas nas peneiras e no fundo não pode diferir mais de 0,3% da massa inicial da amostra; por amostra a porcentagem retida deve apresentar aproximadamente 0,1%; deve apresentar a amostra necessariamente a mesma dimensão

# ESTUDO DE RESISTÊNCIA BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL E DE VEDAÇÃO COM SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADO MIÚDO POR REJEITO DA PRODUÇÃO DO MESMO



máxima característica; os valores da porcentagem retida não devem diferir mais de quatro unidades entre amostras em uma mesma peneira e devem apresentar uma aproximação de 1% as porcentagens médias retidas e acumuladas. A classificação do agregado será verificada nas tabelas 20 e 21 e gráfico 2 que segue abaixo:

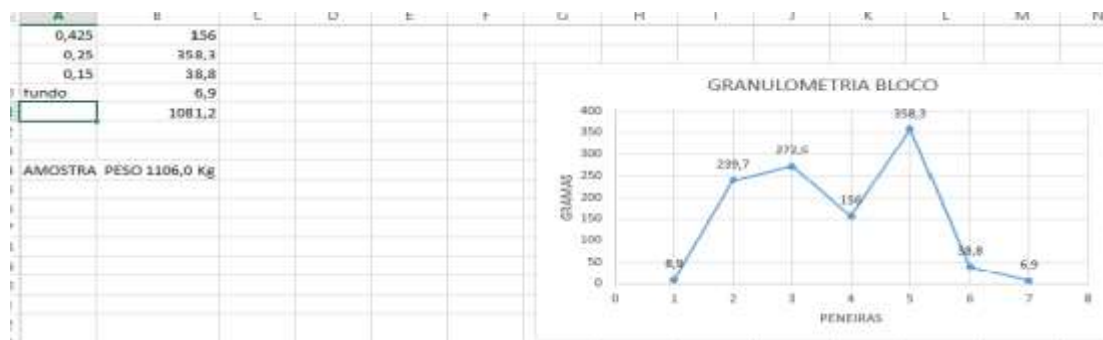


Gráfico 2 – Granulometria do agregado miúdo.

Tabela 20 - Limites Granulométricos de Agregado Miúdo.

| GRADUAÇÃO | Porcentagem retida acumulada, em peso, nas peneiras de abertura nominal, em mm, de |    |        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|----|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|           | 152                                                                                | 76 | 64     | 50       | 38       | 32       | 25       | 19       | 12.5     | 9.5      | 6.3      | 4.8      | 2.4      |
| 0         | -                                                                                  | -  | -      | -        | -        | -        | -        | -        | 0        | 0 – 10   | -        | 80 – 100 | 95 – 100 |
| 1         | -                                                                                  | -  | -      | -        | -        | -        | 0        | 0 – 10   | -        | 80 – 100 | 92 – 100 | 95 – 100 | -        |
| 2         | -                                                                                  | -  | -      | -        | -        | 0        | 0 – 25   | 75 – 100 | 90 – 100 | 95 – 100 | -        | -        | -        |
| 3         | -                                                                                  | -  | -      | 0        | 0 – 30   | 75 – 100 | 87 – 100 | 95 – 100 | -        | -        | -        | -        | -        |
| 4         | -                                                                                  | 0  | 0 - 30 | 75 - 100 | 90 - 100 | 95 - 100 | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        |
| 5 (A)     | -                                                                                  | -  | -      | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        |

Tabela 21 - Limites Granulométricos de Agregado Graúdo.

| PENEIRA ABNT | PORCENTAGEM, EM PESO, RETIDA ACUMULADA NA PENEIRA ABNT PARA A |               |                |                 |
|--------------|---------------------------------------------------------------|---------------|----------------|-----------------|
|              | ZONA 1 (MUITO FINA)                                           | ZONA 2 (FINA) | ZONA 3 (MÉDIA) | ZONA 4 (GROSSA) |
| 9,5 mm       | 0                                                             | 0             | 0              | 0               |
| 6,3 mm       | 0 a 3                                                         | 0 a 7         | 0 a 7          | 0 a 7           |
| 4,8 mm       | 0 a 5a                                                        | 0 a 10        | 0 a 11         | 0 a 12          |
| 2,4 mm       | 0 a 5a                                                        | 0 a 15a       | 0 a 25a        | 5a a 40         |
| 1,2 mm       | 0 a 10a                                                       | 0 a 25a       | 10a a 45a      | 30a a 70        |
| 0,6 mm       | 0 a 20                                                        | 21 a 40       | 41 a 65        | 66 a 85         |
| 0,3 mm       | 50 a 85a                                                      | 60a a 88a     | 70a a 92a      | 80a a 95        |
| 0,15 mm      | 85b a 100                                                     | 90b a 100     | 90b a 100      | 90b a 100       |

## 5. Ensaios dos corpos de prova

Os ensaios foram feitos pelo laboratório especializado em ensaios de corpo de provas para construção civil e afins, através de parceria com a empresa Qualitec Tecnologia Materiais com sede no município de Sorocaba/SP.

Foram realizados seguindo as normas da ABNT NBR 6136 (2016) de compressão de blocos para vedação e ABNT NBR 12118 (2013) Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio. Foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão 10 (dez) exemplares de blocos de vedação de 3,0 MPA e 10 (dez) exemplares de blocos estrutural de 4,5MPa, com rejeitos da construção civil, com dimensões de (140 x 190 x 390 mm). O ensaio foi realizado na prensa hidráulica.

Figura 22 – Blocos utilizados para fazer os testes de resistência e geometria dos blocos (fonte: Acervo pessoal, 2020).



A aparelhagem segundo a ABNT NBR 12118 (2014), diz que para execução do ensaio é necessária uma prensa que atenda às condições a seguir:

- 1.cumprir com os requisitos da ABNT NBR NM ISO 7500-1. Para laboratórios de ensaios, a máquina de ensaio deve pertencer às classes 0,5 ou 1. Para laboratórios instalados em obras e fabricas, admite-se também a utilização de máquinas de ensaio classe 2.
- 2.ser equipada com dois pratos de apoio de aço, com dureza superficial de no mínimo 55 HRC (55 Rockwell C), um dos quais articulados, que atuem na face superior do corpo de prova. Quando as dimensões dos pratos de apoio não forem suficientes para cobrir o corpo de prova, uma placa de aço monolítica com as características estabelecidas em 6.1-c) e 6.1-d).
- 3.deve ser colocada entre os pratos e o corpo de prova;
- 4.as superfícies planas e rígidas dos pratos de apoio não podem apresentar desníveis superiores a 0,08 mm para cada 400 mm;
- 5.Espessuras mínimas das placas de apoio:
  - 50 mm para cargas até 1 000 kN;
  - 75 mm para cargas até 2 000 kN;
  - 100 mm para cargas até 3 000 kN.
- 6.possuir instrumentos que permitam a medição e a leitura de cargas máximas com aproximação de  $\pm 2\%$ .
- 7.ser provida de dispositivo que assegure distribuição uniforme dos esforços ao corpo de prova e ser capaz de transmitir a carga de modo progressivo e sem choques. (ABNT NBR 12118, 2014, p.6).

A execução do ensaio de compressão axial segundo a ABNT NBR 12118 (2014):



1. Todos os corpos de prova devem ser ensaiados de modo que a carga seja aplicada na direção de esforço que o bloco deve suportar durante o seu emprego, devendo o bloco ser posicionado com a parede a maior espessura na parte superior.
2. O corpo de prova deve ser colocado na prensa de modo que o seu centro de gravidade coincida com o eixo de carga dos pratos da prensa.
3. Durante o carregamento do corpo de prova, os dispositivos de comando da prensa devem ser controlados de forma que a tensão aplicada, calculada em relação à área bruta, aumente progressivamente e sem choques à razão de:
4.  $(0,15 \pm 0,03)$  Mpa/s, o que corresponde a  $(15 \pm 3)$  N/cm<sup>2</sup>.s, para blocos com resistência característica especificada superior ou igual a 8 Mpa;
5.  $(0,05 \pm 0,01)$  Mpa/s, o que corresponde a  $(5 \pm 1)$  N/cm<sup>2</sup>.s ou  $(0,5 \pm 0,1)$  kgf/cm<sup>2</sup>.s, para blocos com resistência característica específica inferior a 8 Mpa. (ABNT NBR 12118, 2014, p.8)

Segundo a ABNT 12118 (2014) nos resultados devem conter as seguintes informações no relatório:

1. O valor médio de cada uma das dimensões reais da seção de trabalho dos corpos de prova (largura, b, e comprimento, l) expressas em milímetros (mm);
2. O lote e a idade dos corpos de prova;
3. O valor da carga máxima referente a cada corpo de prova ensaiado, expresso em newtons (N);
4. O valor da resistência à compressão para cada corpo de prova arredondado ao décimo de unidade, expresso em megapascals (Mpa). Esse valor deve ser obtido dividindo-se a carga máxima em newtons (N), observando durante o ensaio, pela área bruta dos blocos em milímetros quadrados (mm<sup>2</sup>);
5. O valor da resistência característica à compressão da amostra, calculada segundo a ABNT NBR 6136, expresso em megapascals (Mpa);
6. O valor da umidade relativa média dos blocos no momento do ensaio de compressão, expresso em porcentagem (%); g) a condição de atendimento a 6.2.3;
7. A classificação e a avaliação da conformidade do resultado da amostra segundo a classe do bloco, conforme a ABNT NBR 6136. (ABNT NBR 12118, 2014, p.8)

Segundo a ABNT NBR 6136 (2016), Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos, os requisitos para a classificação dos blocos conforme tabela a seguir.

| Classe          | Resistência característica<br>$f_{bk}$<br>MPa | Absorção média em % |                               | Retração <sup>(1)</sup><br><br>% |
|-----------------|-----------------------------------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------------------|
|                 |                                               | Agregado normal     | Agregado leve                 |                                  |
| A               | $\geq 6,0$                                    | $\leq 10,0\%$       | $\leq 13,0\%$<br>(média)      | $\leq 0,065\%$                   |
| B               | $\geq 4,0$                                    |                     | $\leq 16,0\%$<br>(individual) |                                  |
| C               | $\geq 3,0$                                    |                     |                               |                                  |
| D               | $\geq 2,0$                                    |                     |                               |                                  |
| 1) Facultativo. |                                               |                     |                               |                                  |

Tabela 10 – Requisitos para resistência característica à compressão, absorção e retração (fonte: ABNT NBR 6136 (2016, pág.7)).



“Para a aplicação abaixo do nível do solo, devem ser utilizados blocos Classe A. (ABNT NBR 6136, 2014, p.7)”.

“Permite-se o uso de blocos com função estrutural classe c, com largura de 140 mm e 190 mm, para edificações de até cinco pavimentos”. (ABNT NBR 6136, 2014, p.7)”.

#### Dimensões

Primeiramente foi verificada as características geométricas do corpo de prova (140 x 190 x 390 mm), observando se o corpo de prova tem algum defeito de fabricação e realizando as medições das faces: comprimento(C), largura(L), altura(H). A tabela abaixo apresenta as medições do corpo de prova (CP) utilizado. Foram obtidas três medidas de cada face do corpo de prova foi obtido tirado uma média conforme tabelas a baixo.

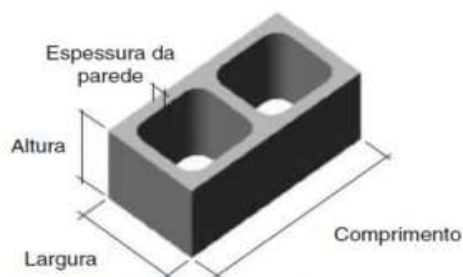
Os blocos cujas dimensões não estão contempladas nessa tabela podem ser aceitos, desde que atendam às definições do item 5 da ABNT NBR 6136:2016.

| Familia           |                                                                                                                                                                          | 20x40            | 15x40 | 15x30 | 12,5x40 | 12,5x25 | 12,5x37,5 | 10x40 | 10x30 | 7,5x40 |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------|-------|---------|---------|-----------|-------|-------|--------|
| Medida Nominal mm | Largura                                                                                                                                                                  | 190              | 140   |       |         | 115     |           | 90    |       | 65     |
|                   | Altura                                                                                                                                                                   | 190              | 190   | 190   | 190     | 190     | 190       | 190   | 190   | 190    |
|                   | Comprimento                                                                                                                                                              | Inteiro          | 390   | 390   | 290     | 390     | 240       | 365   | 390   | 290    |
|                   |                                                                                                                                                                          | Meio             | 190   | 190   | 140     | 190     | 115       | -     | 190   | 140    |
|                   |                                                                                                                                                                          | 2/3              | -     | -     | -       | -       | -         | 240   | -     | 190    |
|                   |                                                                                                                                                                          | 1/3              | -     | -     | -       | -       | -         | 115   | -     | 90     |
|                   |                                                                                                                                                                          | Amarração "L"    | -     | 340   | -       | -       | -         | -     | -     | -      |
|                   |                                                                                                                                                                          | Amarração "T"    | -     | 540   | 440     | -       | 365       | -     | 290   | -      |
|                   |                                                                                                                                                                          | Compensador A    | 90    | 90    | -       | 90      | -         | -     | 90    | -      |
|                   |                                                                                                                                                                          | Compensador B    | 40    | 40    | -       | 40      | -         | -     | 40    | -      |
|                   |                                                                                                                                                                          | Canaleta inteira | 390   | 390   | 290     | 390     | 240       | 365   | 390   | 290    |
|                   |                                                                                                                                                                          | Meia canaleta    | 190   | 190   | 140     | 190     | 115       | -     | 190   | 140    |
|                   | Nota 1 - As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados nesta tabela são de $\pm 2,00$ mm para largura e $\pm 3,00$ mm para a altura e para o comprimento. |                  |       |       |         |         |           |       |       |        |
|                   | Nota 2 - Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com a ABNT NBR 15873:2010.                                            |                  |       |       |         |         |           |       |       |        |
|                   | Nota 3 - As dimensões da canaleta "J" devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto.                                            |                  |       |       |         |         |           |       |       |        |

Tabela 11 – Dimensões nominais (fonte: Fonte: Norma ABNT NBR 6136:2014).

Nota 1 - As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados nesta tabela são de  $\pm 2,00$  mm para largura e  $\pm 3,00$  mm para a altura e para o comprimento

Figura 23 – Medidas obtidas do bloco (fonte: mapa da obra Votorantim cimento, 2020).



Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com as normas da ABNT NBR 15873:2010

A tolerância permitida nas dimensões das paredes dos blocos é de -1,0 mm para cada valor individual, devendo obedecer ao disposto na ABNT NBR 6136:2014

A

| Bloco | Largura | Média | Altura | Média | Comprimento | Média |
|-------|---------|-------|--------|-------|-------------|-------|
| 1     | 142     | 142   | 193    | 193   | 390         | 390   |
|       | 141     |       | 193    |       | 390         |       |
|       | 142     |       | 193    |       | 390         |       |
| 2     | 142     | 142   | 191    | 191   | 390         | 390   |
|       | 141     |       | 191    |       | 390         |       |
|       | 142     |       | 191    |       | 391         |       |
| 3     | 142     | 142   | 189    | 190   | 390         | 390   |
|       | 141     |       | 190    |       | 390         |       |
|       | 142     |       | 190    |       | 390         |       |
| 4     | 142     | 142   | 190    | 190   | 390         | 390   |
|       | 142     |       | 191    |       | 391         |       |
|       | 142     |       | 190    |       | 391         |       |
| 5     | 142     | 142   | 191    | 191   | 390         | 390   |
|       | 142     |       | 191    |       | 390         |       |
|       | 142     |       | 190    |       | 390         |       |
| 6     | 142     | 142   | 190    | 190   | 390         | 390   |
|       | 142     |       | 190    |       | 390         |       |
|       | 141     |       | 191    |       | 390         |       |
| 7     | 142     | 142   | 190    | 190   | 390         | 390   |
|       | 142     |       | 190    |       | 390         |       |
|       | 142     |       | 191    |       | 392         |       |
| 8     | 141     | 141   | 189    | 190   | 391         | 392   |
|       | 141     |       | 190    |       | 392         |       |
|       | 142     |       | 190    |       | 392         |       |
| 9     | 142     | 142   | 189    | 189   | 390         | 390   |
|       | 142     |       | 189    |       | 390         |       |
|       | 141     |       | 190    |       | 392         |       |
| 10    | 142     | 142   | 191    | 191   | 390         | 391   |
|       | 142     |       | 191    |       | 391         |       |
|       | 141     |       | 191    |       | 391         |       |

B

| Bloco | Largura | Média | Altura | Média | Comprimento |
|-------|---------|-------|--------|-------|-------------|
| 1     | 141     | 141   | 191    | 189   | 390         |
|       | 141     |       | 189    |       | 390         |
|       | 141     |       | 189    |       | 390         |
| 2     | 142     | 141   | 188    | 188   | 390         |
|       | 141     |       | 188    |       | 390         |
|       | 141     |       | 189    |       | 391         |
| 3     | 142     | 141   | 190    | 190   | 390         |
|       | 141     |       | 190    |       | 390         |
|       | 141     |       | 187    |       | 390         |
| 4     | 142     | 142   | 190    | 190   | 390         |
|       | 141     |       | 190    |       | 390         |
|       | 142     |       | 187    |       | 391         |
| 5     | 142     | 142   | 187    | 187   | 391         |
|       | 142     |       | 187    |       | 390         |
|       | 142     |       | 187    |       | 390         |
| 6     | 142     | 142   | 147    | 186   | 390         |
|       | 142     |       | 186    |       | 390         |
|       | 141     |       | 186    |       | 390         |
| 7     | 141     | 141   | 188    | 188   | 390         |
|       | 141     |       | 188    |       | 390         |
|       | 141     |       | 187    |       | 392         |
| 8     | 141     | 141   | 187    | 187   | 391         |
|       | 141     |       | 187    |       | 392         |
|       | 141     |       | 187    |       | 392         |
| 9     | 141     | 142   | 190    | 189   | 390         |
|       | 142     |       | 189    |       | 390         |
|       | 142     |       | 189    |       | 392         |
| 10    | 141     | 141   | 191    | 191   | 390         |
|       | 142     |       | 191    |       | 391         |
|       | 141     |       | 190    |       | 391         |

Tabela 12A – características geométricas do corpo de prova bloco de vedação 3,0 Mpa (fonte: Acervo pessoal, 2020). Tabela 12B – características geométricas do corpo de prova bloco estrutural 4,5 Mpa (fonte: Acervo pessoal, 2020).

# ESTUDO DE RESISTÊNCIA BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL E DE VEDAÇÃO COM SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADO MIÚDO POR REJEITO DA PRODUÇÃO DO MESMO



## Ensaio de compressão

Resistência à compressão, análise dimensional, absorção de água e área líquida, conforme ABNT NBR 12118:2013

| Quantidade de blocos do lote | Quantidade de blocos da amostra |             | Quantidade mínima de blocos para ensaio dimensional e resistência à compressão axial |                                                | Quantidade de blocos para ensaios de absorção e área líquida |
|------------------------------|---------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                              | Prova                           | Contraprova | Fbk,est sem desvio padrão de fábrica conhecido                                       | Fbk,est com desvio padrão de fábrica conhecido |                                                              |
| Até 5 000                    | 7 ou 9                          | 7 ou 9      | 6                                                                                    | 4                                              | 3                                                            |
| 5 001 a 10 000               | 8 ou 11                         | 8 ou 11     | 8                                                                                    | 5                                              | 3                                                            |
| Acima de 10 000              | 9 ou 13                         | 9 ou 13     | 10                                                                                   | 6                                              | 3                                                            |

Tabela 13 – Tamanho da amostra (fonte: Norma ABNT NBR 6136:2014).

Apresenta-se o cálculo de fbk,est , para o caso de não se conhecer o desvio padrão da fábrica (caso mais usual, já difundido entre os laboratórios). Suponha-se um lote de obra composto por mais de 8.000 blocos. Para este caso, a quantidade mínima de blocos é de 10 exemplares, conforme a Tabela acima. Formula Sendo:

$$f_{bk,1} = \frac{2[f_{b(1)} + f_{b(2)} + f_{b(3)} + \dots + f_{b(i-1)}]}{(i-1)} - f_{b(i)}$$

$i = n / 2$ , se n for par;

$i = (n-1) / 2$ , se n for ímpar.

Onde;

fbk é a resistência característica estimada da amostra, expressa em mega pascal;

$f_{b(1)}$ ,  $f_{b(2)}$ ,...,  $f_{b(i)}$  são os valores de resistência à compressão individual dos corpos de prova da amostra, ordenados crescentemente;

n é o número de corpos de prova da amostra.

| Nº de elementos | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16 e 17 | 18 e 19 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|
| Ø               | 0,80 | 0,84 | 0,87 | 0,89 | 0,91 | 0,93 | 0,94 | 0,96 | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 1,00 | 1,01 | 1,02    | 1,04    |

Tabela 15 – Valores de Ø em função da quantidade de elementos de alvenaria (fonte: Norma ABNT NBR 15961-2:2011).

Para os 10 exemplares, ou seja, tem-se que:  $n = 10$   $i = 5$

# ESTUDO DE RESISTÊNCIA BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL E DE VEDAÇÃO COM SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADO MIÚDO POR REJEITO DA PRODUÇÃO DO MESMO



Os resultados foram fornecidos pela empresa Qualitec Tecnologia Materiais, com os valores das cargas em Kn para passar para Mpa se obtém através da divisão da carga obtida pela área do bloco, conforme tabelas a baixo.

| Bloco de Concreto para Vedação com Resistencia de 3,0 Mpa |         |       |        |       |             |       |            |             |                 |              |
|-----------------------------------------------------------|---------|-------|--------|-------|-------------|-------|------------|-------------|-----------------|--------------|
| Bloco                                                     | Largura | Média | Altura | Média | Comprimento | Média | Área (mm²) | Força em KN | Força em Newton | Tensão (Mpa) |
| 1                                                         | 142     | 142   | 193    | 193   | 390         | 390   | 55380      | 144,36      | 144360          | 2,61         |
|                                                           | 141     |       | 193    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
|                                                           | 142     |       | 193    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
| 2                                                         | 142     | 142   | 191    | 191   | 390         | 390   | 55380      | 186,08      | 186080          | 3,36         |
|                                                           | 141     |       | 191    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
|                                                           | 142     |       | 191    |       | 391         |       |            |             |                 |              |
| 3                                                         | 142     | 142   | 189    | 190   | 390         | 390   | 55380      | 153,83      | 153830          | 2,78         |
|                                                           | 141     |       | 190    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
|                                                           | 142     |       | 190    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
| 4                                                         | 142     | 142   | 190    | 190   | 390         | 390   | 55380      | 131,25      | 131250          | 2,37         |
|                                                           | 142     |       | 191    |       | 391         |       |            |             |                 |              |
|                                                           | 142     |       | 190    |       | 391         |       |            |             |                 |              |
| 5                                                         | 142     | 142   | 191    | 191   | 390         | 390   | 55380      | 168,05      | 168050          | 3,03         |
|                                                           | 142     |       | 191    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
|                                                           | 142     |       | 190    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
| 6                                                         | 142     | 142   | 190    | 190   | 390         | 390   | 55380      | 121,96      | 121960          | 2,20         |
|                                                           | 141     |       | 191    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
|                                                           | 142     |       | 190    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
| 7                                                         | 142     | 142   | 190    | 190   | 390         | 390   | 55380      | 141,56      | 141560          | 2,56         |
|                                                           | 142     |       | 191    |       | 392         |       |            |             |                 |              |
|                                                           | 142     |       | 190    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
| 8                                                         | 141     | 141   | 189    | 190   | 391         | 392   | 55272      | 100,66      | 100660          | 1,82         |
|                                                           | 141     |       | 190    |       | 392         |       |            |             |                 |              |
|                                                           | 142     |       | 190    |       | 392         |       |            |             |                 |              |
| 9                                                         | 142     | 142   | 189    | 189   | 390         | 390   | 55380      | 131,2       | 131200          | 2,37         |
|                                                           | 142     |       | 189    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
|                                                           | 141     |       | 190    |       | 392         |       |            |             |                 |              |

Tabela 16 – De cálculos de tensão em Mpa (fonte: Acervo pessoal, 2020).

| Bloco de Concreto Estrutural com Resistencia de 4,5 Mpa |         |       |        |       |             |       |            |             |                 |              |
|---------------------------------------------------------|---------|-------|--------|-------|-------------|-------|------------|-------------|-----------------|--------------|
| Bloco                                                   | Largura | Média | Altura | Média | Comprimento | Média | Área (mm²) | Força em KN | Força em Newton | Tensão (Mpa) |
| 1                                                       | 141     | 141   | 191    | 189   | 390         | 390   | 54990      | 228,14      | 228140          | 4,15         |
|                                                         | 141     |       | 189    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
|                                                         | 141     |       | 189    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
| 2                                                       | 142     | 141   | 188    | 188   | 390         | 390   | 54990      | 182,14      | 182140          | 3,31         |
|                                                         | 141     |       | 188    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
|                                                         | 141     |       | 189    |       | 391         |       |            |             |                 |              |
| 3                                                       | 142     | 141   | 190    | 190   | 390         | 390   | 54990      | 207,78      | 207780          | 3,78         |
|                                                         | 141     |       | 190    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
|                                                         | 141     |       | 187    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
| 4                                                       | 142     | 142   | 190    | 190   | 390         | 390   | 55380      | 154,26      | 154260          | 2,78         |
|                                                         | 141     |       | 190    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
|                                                         | 142     |       | 187    |       | 391         |       |            |             |                 |              |
| 5                                                       | 142     | 142   | 187    | 187   | 391         | 390   | 55380      | 176,18      | 176180          | 3,18         |
|                                                         | 142     |       | 187    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
|                                                         | 142     |       | 187    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
| 6                                                       | 142     | 142   | 147    | 186   | 390         | 390   | 55380      | 182,59      | 182590          | 3,30         |
|                                                         | 142     |       | 186    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
|                                                         | 141     |       | 186    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
| 7                                                       | 141     | 141   | 188    | 188   | 390         | 390   | 54990      | 188,74      | 188740          | 3,43         |
|                                                         | 141     |       | 188    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
|                                                         | 141     |       | 187    |       | 392         |       |            |             |                 |              |
| 8                                                       | 141     | 141   | 187    | 187   | 391         | 392   | 55272      | 163,07      | 163070          | 2,95         |
|                                                         | 141     |       | 187    |       | 392         |       |            |             |                 |              |
|                                                         | 141     |       | 187    |       | 392         |       |            |             |                 |              |
| 9                                                       | 141     | 142   | 190    | 189   | 390         | 390   | 55380      | 184,09      | 184090          | 3,32         |
|                                                         | 142     |       | 189    |       | 390         |       |            |             |                 |              |
|                                                         | 142     |       | 189    |       | 392         |       |            |             |                 |              |

Tabela 17 – De cálculos de tensão em Mpa (fonte: Acervo pessoal, 2020).

Calculo do bloco de vedação de 3,0Mpa;

$$f_{bk,1} = 2 \left[ \frac{f_{b(1)} + f_{b(2)} + f_{b(3)} + \dots + f_{b(i-1)}}{(i-1)} \right] - f_{b(i)}$$

$$f_{bk,1} = 2 \left[ \frac{2,61+3,36+2,78+2,37}{4} \right] - 2,20$$

$$f_{bk,1} = 3,36 \text{ MPa}$$

$$f_{bk,2} = \emptyset \times f_b(1) = 0,96 \times 2,61 = 2,43 \text{ MPa}$$

$f_{bk,est}$  = é o maior valor entre  $f_{bk,1}$  e  $f_{bk,2}$ ;

$$f_{bk,est} = 3,36 \text{ MPa}$$

Calculo do bloco estrutural de 4,5Mpa;

$$f_{bk,1} = 2 \left[ \frac{f_{b(1)} + f_{b(2)} + f_{b(3)} + \dots + f_{b(i-1)}}{(i-1)} \right] - f_{b(i)}$$

$$f_{bk,1} = 2 \left[ \frac{4,15+3,31+3,78+3,43}{4} \right] - 2,78$$

$$f_{bk,1} = 4,55 \text{ MPa}$$

$$f_{bk,2} = \emptyset \times f_b(1) = 0,96 \times 4,15 = 3,99 \text{ MPa}$$

$f_{bk,est}$  = é o maior valor entre  $f_{bk,1}$  e  $f_{bk,2}$ ;

$$f_{bk,est} = 4,55 \text{ Mpa}$$

Com o resultado obtido o bloco de vedação e estrutural em material reciclado atende a norma especifica para o seu uso com isso obtendo um resultado satisfatório com o bloco de vedação com material reciclado atingindo 3,36Mpa e o bloco estrutural com material reciclado atingindo 4,55Mpa.

## 6. Resultados

Conforme parâmetros exigidos pela norma NBR 12118/13, os blocos de concreto produzidos devem atender no mínimo as determinações de dimensões, absorção de água, área líquida, resistência a compressão e retração por secagem para serem aceitos para uma alvenaria estrutural. Visaremos a fabricação de blocos de categoria superior (classe A),

devido a possibilidade de os mesmos não atingirem os requisitos necessários, assim, podendo ser utilizados como blocos de categorias inferiores. Sendo assim, buscaremos a fabricação de blocos estruturais, porém, caso não atinja a necessidade, iremos analisar a possibilidade de sua utilização para fins de vedação, ou seja, não-estruturais. Obrigatoriamente os blocos devem atender as normas NBR 6136/16 ou 7173/82.

Para início de nossos requisitos, as dimensões que a norma NBR 6136/16 cita para a espessura mínima tolerável das paredes do bloco, deve ser de 25mm (paredes longitudinais e transversais) podendo ter variações de no máximo 1mm (atendendo um bloco 14x19x39cm); e sua menor dimensão de furo deve ser 70mm.

Seguidamente, analisaremos conforme Tabela 3 da NBR 6136/2016 sua absorção de água, podendo ser de no máximo 9% para Classe A, 10% para Classe B e 11% para Classe C, e retração de no máximo 0,065% no processo de secagem (seguindo procedimento 5.2.1 da NBR 12118/13).

Por fim, sua resistência à compressão axial deve ser de no mínimo 8MPa para Classe A, entre 4 a 8MPa para Classe B e entre 3 a 4MPa para Classe C.

Os parâmetros citados anteriormente são para um bloco estrutural, porém, caso não sejam atingidos os requisitos da norma NBR 6136, poderemos analisa-los pelos requisitos da NBR 7173, os quais alteram:

- Absorção de água máxima de 15%;
- Resistência a compressão mínima de 3Mpa para bloco de vedação;
- Resistência a compressão mínima de 4,5Mpa para bloco de vedação;
- Umidade máxima de 40%

Os blocos de concreto de vedação em material reciclado apresentaram uma resistência a compressão satisfatória, atingindo a resistência de  $f_{bk,est} = 3,36$  Mpa encaixando-se na classe “C” podendo ser utilizados para bloco de vedação sem função estrutural. Foi obtido a dimensões média de (141,9 X 190,5 X 390,3) que atende a tolerância estabelecida pela NBR 6136:2014.

Os blocos de concreto com função estrutural em material reciclado apresentaram uma resistência a compressão satisfatória, atingindo a resistência de  $f_{bk,est} = 4,55$  Mpa encaixando-se na classe “B” podendo ser utilizados para bloco com função estrutural, não se aplicando para construções abaixo do nível do solo. Foi obtido a dimensão média de (141,4 X 188,5 X 390,3) que atende a tolerância estabelecida pela NBR 6136:2014.



Não sendo necessário em ambos os blocos atingir os parâmetros de umidade e de absorção de água caso os blocos não sejam utilizados em alvenarias que sejam expostas a intempéries e/ou umidade segundo a NBR 7173/82.

## **7. Custo de produção**

A decisão do traço a ser utilizado na mistura para a produção do bloco é de grande impacto, pois os componentes utilizados na composição do bloco possuem preços distintos. Portanto, composições diferentes tendem a gerar custos diferentes e impactar no resultado das análises que serão desenvolvidas posteriormente.

### **BLOCO DE VEDAÇÃO DE 3,0 MPA**

Para análise foi considerado uma produção mensal de 20.000 blocos de vedação com 3,0 Mpa, o valor de produção para este bloco na região de Sorocaba é de R\$ 1,47 por unidade e o preço de venda é de R\$ 3,21 por unidade.

O bloco de vedação feito com agregados reciclados nos mesmos parâmetros a cima citados o valor de produção é de R\$ 1,16 por unidade, e será vendido no valor de R\$ 2,37 por unidade.

### **BLOCO COM FUNÇÃO ESTRUTURAL DE 4,5 MPA**

Para análise foi considerado uma produção mensal de 20.000 blocos estrutural com 4,5 Mpa, o valor de produção para este bloco na região de Sorocaba é de R\$ 2,24 por unidade e o preço de venda é de R\$ 4,53 por unidade.

O bloco de vedação feito com agregados reciclados nos mesmos parâmetros a cima citados o valor de produção é de R\$ 1,57 por unidade, e será vendido no valor de R\$ 3,34 por unidade.

## **8. Conclusão**

O presente trabalho nos mostra a importância de visar a otimização do uso de recursos naturais, trabalhando com o aproveitamento de resíduos de blocos de concreto, podemos considerar que é uma iniciativa funcional onde reduzimos a produção de resíduos e aumentamos o aspecto sustentável em qualquer canteiro de obras de construção civil. O desperdício de material em uma obra ainda é um problema, porém os processos construtivos e a utilização de materiais recicláveis no decorrer do tempo, estão ganhando cada vez mais força no mercado.

Diante de alguns materiais sustentáveis, utilizamos na experiência o agregado reciclado para a fabricação de blocos de concreto e verificamos todas as suas propriedades para realização de testes necessários, obtendo as referências de todas as normas que abrangem esse procedimento, onde pudemos comprovar que é possível a utilização destes blocos para um processo construtivo.

Sobre o ensaio dos blocos de vedação e estrutural em material reciclado, notamos que o material atende a norma específica para uso, comprovando e obtendo um resultado satisfatório, atendendo os requisitos de resistência com o bloco de vedação atingindo 3,36Mpa, encaixando-se na classe “C”, podendo ser utilizados sem função estrutural. Já o estrutural atingiu a resistência de 4,51Mpa, encaixando-se na classe “B” podendo ser utilizado na função estrutural, não se aplicando em construções abaixo do nível do solo.

Seguindo nosso planejamento, todos os ensaios executados, atendendo as normas e o procedimento criterioso dos traços para fabricação dos blocos recicláveis, nos mostra a relevância deste trabalho, que pode ser apreendida pela possibilidade de redução na geração dos resíduos, bem como em seu aproveitamento, o que diminui a utilização de matéria-prima.

## **9. Referências**

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6136 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.
- \_\_\_\_\_. NBR 12118 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2013.
- \_\_\_\_\_. NBR 7173 – Bloco vazado de concreto simples para alvenaria sem função estrutural. Rio de Janeiro, 1982.
- \_\_\_\_\_. NBR 7211 – Agregado para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.
- \_\_\_\_\_. NBR 15116 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.
- \_\_\_\_\_. NBR 5733 – Cimento Portland com Alta Resistência Inicial. Rio de Janeiro, 1991.
- ALBUQUERQUE, S. M. Estudo do uso de agregados de resíduos de construção e demolição em blocos de concreto para alvenaria. 2005. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2005. Bloco vazado de concreto para alvenaria estrutural. 2. ed. Manual de recebimento e controle. Belo Horizonte: SINDUSCON-MG, 2006. Disponível em: <https://www.example.com/document.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2018.
- ANGULO, Sérgio Cirelli. Viabilidade de agregados graúdos e resíduos de construção e demolição reciclados. 2000. 172 p. Dissertação (Doutorado em Engenharia) - Escola

- Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: [http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde.../variabilidade\\_sergio\\_angulo.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde.../variabilidade_sergio_angulo.pdf). Acesso em: 20 abr. 2018.
- BERNUCCI, L. L.; ABDON, M. R. Pavimento ecológico: uma opção para a pavimentação de vias das grandes cidades. 2002. 20 p. Disponível em: [https://www.sinaldetransito.com.br/artigos/pavimento\\_ecologico.pdf](https://www.sinaldetransito.com.br/artigos/pavimento_ecologico.pdf). Acesso em: 27 maio 2018.
- BUTTLER, Alexandre Marques. Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto: influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados. 2003. 220 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06082003172935/.../buttler.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2018.
- \_\_\_\_\_. Uso de agregados reciclados de concreto em blocos de alvenaria estrutural. 2007. 535 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. Disponível em: [http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde.../2007do\\_alexandrebuttler.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde.../2007do_alexandrebuttler.pdf). Acesso em: 07 abr. 2018.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 20 maio 2018.
- \_\_\_\_\_. Resolução Nº 431, de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, estabelecendo nova classificação para o gesso. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 maio 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>. Acesso em: 27 maio 2018.
- \_\_\_\_\_. Resolução Nº 448, de 18 de janeiro de 2012. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 jan. 2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=672>. Acesso em: 28 maio 2018.
- DÉSIR, J. M. Alvenaria estrutural. 2018. Disponível em: [https://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/alvenaria-estrutural/blocos\\_concreto.php](https://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/alvenaria-estrutural/blocos_concreto.php). Acesso em: 30 maio 2018.
- FILHO, José Américo Alves Salvador. Blocos de concreto para alvenaria em construções industrializadas. 2007. 246 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007?. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-29012009-104204/pt-br.php>. Acesso em: 04 maio 2018.
- FRASSON Jr., A. Proposta de metodologia de dosagem e controle do processo produtivo de blocos de concreto para alvenaria estrutural. 2000. 145 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

- HONÓRIO, Túlio; CARASEK, Helena. Método de campo para avaliação da absorção de água inicial de blocos de alvenaria. Goiás: [s.n.], 2010. 1 p.
- HOOD, Rogério da Silva Scott. Análise da viabilidade da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação. 2006. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12112/000623333.pdf;sequence=1>. Acesso em: 11 mar. 2018.
- JACQUES, Jeovani Rodrigues. Estudo da viabilidade técnica da utilização de concreto reciclado como agregado graúdo em concreto de cimento Portland. 2013. 63 p. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013. Disponível em: [http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2129/TCC%20JEOVANI%202013%20%20CORRIGIDO\\_CD.pdf?sequence=2](http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2129/TCC%20JEOVANI%202013%20%20CORRIGIDO_CD.pdf?sequence=2). Acesso em: 05 maio 2018.
- JÚNIOR, Alberto Casado Lordsleem et al. Estudo da conformidade através de ensaios laboratoriais: blocos de concreto de vedação. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Anais [...]. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008. p. 1-11. v. 1. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_tn\\_sto\\_073\\_519\\_12236.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_073_519_12236.pdf). Acesso em: 22 maio 2018.
- MEDEIROS, J. S. Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- MESQUITA, L. C. Análise da viabilidade técnica de utilização de resíduos de construção e demolição na fabricação de blocos de vedação. REEC, v. 10, n. 3, p. 11, 2015. Disponível em: <https://www.reec.org.br/reec/article/view/123>. Acesso em: 18 maio 2018.
- MIRANDA, Leonardo F. R.; BROCARD, Fernanda Louize Monteiro. Relatório: Pesquisa setorial 2014/2015. 1. ed. [S.l.]: Agência Sancho Comunicação - Amanda Pais, 2015. 36 p. v. 1. Disponível em: <https://issuu.com/abrecon/docs/relatorio-pesq2015>. Acesso em: 21 abr. 2018.
- OLIVEIRA, Maria Elane Dias de et al. Diagnóstico da geração e da composição dos RCD em Fortaleza/CE. 2011. 6 p. Artigo (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n3/v16n3a03>. Acesso em: 24 fev. 2018.
- PINTO, Tarcísio de Paula. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 1999. 218 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999?. Disponível em: <http://www.casoi.com.br/hjr/pdfs/GestResiduosSolidos.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2018.
- PRUDÊNCIO, Luiz R.; OLIVEIRA, Alexandre L.; BEDIM, Carlos A. Alvenaria estrutural de blocos de concreto. Florianópolis: [s.n.], 2002.
- SANTOS, Marcos Daniel Friederich. Alvenaria estrutural. Curso de Extensão. Pontífica Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

**ESTUDO DE RESISTÊNCIA BLOCO DE CONCRETO  
ESTRUTURAL E DE VEDAÇÃO COM SUBSTITUIÇÃO  
DE AGREGADO MIÚDO POR REJEITO DA PRODUÇÃO  
DO MESMO**



SANTOS, M. D. F. Técnicas construtivas em alvenaria estrutural. 1998. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1998.

TANGO, C. E. S. Fundamentos de dosagem de concreto para blocos estruturais. In: 5th International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, 1994, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: [s.n.], 1994. Disponível em: <https://www.example.com/document.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2018.

---

**\* Discentes do curso de Engenharia Civil da ATHON Ensino Superior.**

**\*\*Valmir de Jesus Rodrigues Almenara - docente e coordenador da Escola de Engenharia da ATHON Ensino Superior**