

DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA O PROCESSO DE PRODUÇÃO DO BLOCO DE CONCRETO

Daniela Philippi Pereira¹

Aline Resmini Melo²

Resumo: O presente trabalho tem por objetivo estudar a possibilidade de desenvolver o processo de produção de bloco de concreto do tipo vazado sem fundo, com função estrutural para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo para uma Empresa que está iniciando no mercado. O bloco de concreto possui diversas aplicações. É um componente muito utilizado na área da engenharia civil e por possuir alta resistência e maior rapidez na construção são utilizados em grandes escalas. Para este estudo foram utilizados dois tipos de cimentos, agregados miúdos e graúdos, água e aditivo. Portanto, ao todo foram desenvolvidas 3 possibilidades de traço ideal. Com os blocos confeccionados e após 28 dias de cura foram realizados os ensaios de análise dimensional, absorção de água, resistência a compressão segundo os parâmetros estabelecidos pela NBR 6136:2016. Os blocos que foram feitos com os 3 traços foram submetidos ao teste de resistência, entretanto o traço 1 e 3 não obtiveram a resistência mínima e foram descartados. O traço 2, que foi confeccionado com Cimento Portland CP II, resultou em uma secagem mais rápida em relação aos traços 1 e 3, que foram confeccionados com Cimento Portland CP IV, no mesmo tempo de cura, o que pode ter ocasionado para ambos não atingirem a resistência mínima. O traço 3 ainda conseguiu uma resistência maior devido ao aditivo, porém mesmo assim não obteve a quantidade mínima conforme indicado na normativa. Seguiu-se as análises somente com o traço 2, que também foi aprovado na análise dimensional e absorção de água, sendo assim o traço 2 ficou em conformidade nos três requisitos estudados. Portanto, através do estudo realizado, pode-se concluir que é possível desenvolver um método para produzir um bloco de concreto de acordo com as normativas.

Palavras-Chave: Qualidade. Análise Dimensional. Absorção de Água. Resistência a compressão. Cura.

1 INTRODUÇÃO

O bloco de concreto é um material versátil e possui diversas aplicações, como: pavimentações, paredes, muros, reservatórios, entre outros. É um componente muito utilizado na área da engenharia civil e pode ser desenvolvido

¹Graduanda em Engenharia Química. E-mail: danielaphilippi@hotmail.com

² Professora Doutora Engenharia Química. E-mail: aline.melo@satc.edu.br

para a função estrutural ou não estrutural. Por possuir uma variedade de medidas e formas, alta resistência, maior produtividade na construção e serem capazes de resistir às pressões do clima e tempo, são utilizados em grandes escalas atualmente.

Segundo Almeida e Purificação (2014), o bloco de concreto pode ser produzido através da mistura de agregados graúdos e miúdos, cimento e água, além da possível utilização de alguns aditivos químicos. Fernandes (2013) indica que para adquirir qualidade para os blocos de concreto, devem ser observados vários aspectos desde a montagem e organização da empresa até a dosagem e fabricação do produto final.

Um dos gargalos tecnológicos de pequenas empresas fabricantes de blocos de concreto é desenvolver o traço ideal e conseguir produzir blocos com a resistência mínima conforme estabelecido na normativa NBR 6136:2016. Conforme Fernandes (2013) os blocos normatizados possuem padrões de tamanhos e formatos, os quais, se utilizados de maneira correta, podem gerar grande economia na obra.

Este trabalho estudou o desenvolvimento do melhor método para desenvolvimento deste bloco, através de uma pesquisa bibliográfica, a definição das matérias-primas, funcionamento do processo de produção, os tipos de análises que foram efetuadas e, por fim, a realização de testes práticos para assim obter êxito no estudo, visando garantir a melhor qualidade dos blocos com o menor custo.

Dessa forma, para verificar a resistência do material desenvolvido, foram realizadas três análises, sendo elas: a absorção de água, a análise dimensional e o ensaio de resistência à compressão de bloco de concreto para garantir a qualificação do produto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta seção apresentará o referencial teórico com as principais etapas que envolvem a produção de blocos de concreto, assim como as principais características das matérias-primas utilizadas servindo de base para a elaboração do projeto sugerido.

2.1 BLOCOS DE CONCRETO

Conforme Neto et al. (2018), o concreto é um material que apresenta plasticidade permitindo-se ser moldado em vários formatos. Depois de seco o produto final torna-se muito resistente podendo assim suportar intensos esforços.

Segundo Neville e Brooks (2013), o concreto é qualquer produto produzido a partir do uso de um meio cimentante e podem ser produzidos com diversos tipos de cimentos, agregados e aditivos.

Conforme a norma brasileira NBR 6136 (ABNT, 2016), um bloco vazado de concreto simples é o componente para execução de alvenaria. São confeccionados com cimento Portland, água e agregados minerais.

Segundo Fernandes (2013), o bloco de concreto para alvenaria foi inventado em 1832, na Inglaterra, porém em formato maciço. Em 1850, no entanto, ainda pelos ingleses, foi inventado o bloco vazado, com o objetivo de diminuir o peso.

2.1.1 Classificação

A NBR 6136 (ABNT, 2016) define que os blocos de concreto devem atender, quanto a seu uso, às classes descritas a seguir, indicadas nas Tab. 1, 2 e 3.

a) classe A – Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo;

b) classe B – Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;

c) classe C – Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo; NOTA: Recomenda-se o uso de blocos com função estrutural classe C designados M10 para edificações de no máximo um pavimento, os designados M12,5 para edificações de no máximo dois pavimentos e os designados de M15 e M20, para edificações maiores.

d) classe D – Sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

A Tab. 1 apresenta todas as dimensões padronizadas dos blocos de concreto.

A NBR 6136 (ABNT, 2016), também classifica os blocos de concreto com relação ao seu uso, sendo estes divididos em três classes: A, B e C. As classes são definidas de acordo com a espessura das paredes dos blocos, sendo que a tolerância máxima permitida é de 1,0 mm (Tab. 2) e também pelos requisitos físicos-mecânicos (resistência característica à compressão e absorção), de acordo com a Tab.3.

Em alvenaria estrutural não se utilizam pilares e vigas para dar sustentação a construção, pois as próprias paredes fazem a função estrutural da edificação.

Tabela 1: Dimensões Nominais

Família	20x 40	15x 40	15x 30	12,5x 40	12,5x 25	12,5x 37,5	10x 40	10x 30	7,5x 40
Altura(mm)	190	190	190	190	190	190	190	190	190
Inteiro(mm)	390	390	290	390	390	365	390	290	390
Largura(mm)	190	140	140	115	115	115	90	90	65
Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-
Amarração "T"	-	540	440	-	365	-	-	290	-
Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	90
Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
Canaleta Inteira	390	390	290	390	240	365	390	290	-
Meia Canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-

Fonte: Adaptação da tabela 1 da NBR 6136 (ABNT, 2016, p. 5)

Tabela 2: Designação por classe, largura e espessura mínima das paredes de blocos.

Classe	Largura Nominal (mm)	Paredes		
		Longitudinais (mm)	Transversais (mm)	
			Espessura Equivalente (mm/m)	
A	190	32	25	188
	140	25	25	188
B	190	32	25	188
	140	25	25	188
C	190	18	18	135
	140	18	18	135
	115	18	18	135
	90	18	18	135
	65	15	15	113

Fonte: Adaptado de ABNT (2016, p. 5)

Tabela 3: Requisitos para resistência característica à compressão e absorção.

Classe	Resistência Característica f_{bk} MPa	Absorção Média em %	
		Agregado Normal	Agregado Leve
A	$\geq 6,0$		$\leq 13,0\%$ (média)
B	$\geq 4,0$		$\leq 16,0\%$ (individual)
C	$\geq 3,0$	$\leq 10,0\%$	
D	$\geq 2,0$		

Fonte: Adaptado de ABNT (2016, p. 7)

2.2 MATÉRIAS-PRIMAS

Conforme Neto et al. (2018), o concreto é um material da construção civil, composto por aglomerante, cimento, agregados, areia e brita, água e muitas vezes aditivo. Após realizar a mistura desses componentes, o concreto assume uma plasticidade que o permite se moldar em formas.

Segundo Fernandes (2013), o desconhecimento das características das matérias-primas pode levar a um consumo excessivo de cimento, menor produtividade e, conseqüentemente, excesso de gastos na produção.

2.2.1 Cimento

Para fabricação dos blocos de concreto, o aglomerante utilizado é o Cimento Portland. Neville e Brooks (2013) explicam que este é o nome dado ao cimento que se dá pela mistura de calcário, argila ou outros materiais silicosos, alumina e materiais que possuam óxido de ferro e possuem alta resistência ao longo do tempo, bem como moldabilidade quando misturado com água.

O cimento quando for utilizado na fabricação dos blocos ou de qualquer outro tipo de material, deve estar em um bom estado de conservação e livre de umidade, para poder garantir suas propriedades (FERNANDES, 2013).

2.2.2 Agregados

Conforme Bauer (2016), o agregado é o material particulado, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa

gama de tamanhos. De acordo com a NBR 7211:2009 dependendo das dimensões das partículas, os agregados são classificados em miúdos (75µm - 4,75mm) ou graúdos (acima de 4,75mm) (ABNT, 2009).

Algumas características devem ser observadas na hora de escolher o agregado. Segundo Fernandes (2013), o tipo de rocha utilizada influi na durabilidade do molde, assim como a dimensão máxima dos grãos.

A seguir alguns tipos de agregados que podem ser utilizados na fabricação dos blocos de concreto:

- **Areia:**

De acordo com Bauer (2016), as areias são classificadas como um agregado miúdo. Conforme Fernandes (2013), ao utilizar uma areia mais fina, a superfície do bloco fica com a aparência mais lisa, porém causa uma diminuição na resistência do produto ou o aumento no consumo de cimento para conseguir aumentar a resistência. Assim, sempre que possível, deve-se escolher uma areia média, ou optar pela mistura de uma areia fina com uma areia mais grossa.

- **Pó de Pedra:**

Almeida e Purificação Filho (2014) explicam que a areia por ser uma matéria-prima natural para o concreto e devido às grandes exigências ambientais que os areais enfrentam, cada vez está mais difícil para essas empresas a venda da areia. Assim, o pó de pedra está cada vez mais forte, sendo um dos principais substitutos da areia na mistura.

- **Pedrisco:**

Para a fabricação de blocos de concreto, os agregados graúdos mais utilizados na mistura são o pedrisco, a brita zero, a granilha e o cascalho (FERNANDES, 2013). Almeida e Purificação Filho (2014) evidenciam dizendo que dentre estes materiais, o mais utilizado pelas fábricas atualmente é o pedrisco. Segundo Fernandes (2013), a utilização desses materiais na mistura, além de aumentar o volume do concreto, aumenta também a qualidade do produto, melhorando todo os parâmetros do produto final.

2.2.3 Água

De acordo com a NBR 6136 a água de amassamento deve ser limpa e dispensada de produtos prejudicial à hidratação do cimento (ABNT, 2016). Fernandes (2013) afirma que a quantidade de água interfere diretamente nas características técnicas de resistência, pois uma mistura com quantidade suficiente pode dificultar a alimentação do molde, no entanto, garante um aumento significativo da resistência do produto. Já em uma mistura com pouca água, tem-se facilidade no enchimento do molde, mas diminui resistência do produto final.

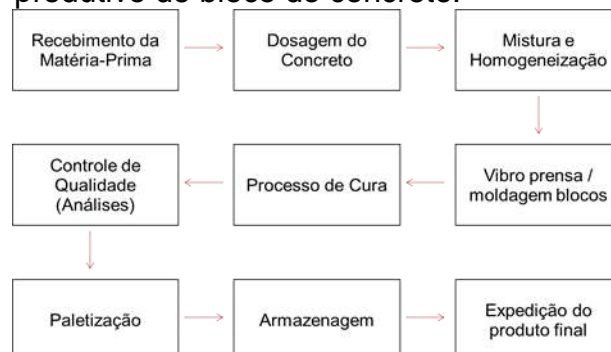
2.2.4 Aditivo

Conforme Fernandes (2013), os aditivos atuam no concreto lubrificando suas partículas, melhorando a consistência e o grau de compactação da mistura, gerando assim um produto final com um acabamento melhor. Os parâmetros utilizados para avaliar um bom aditivo são a trabalhabilidade da mistura, densidade final do concreto bem como resistência do bloco de concreto pronto. Ele ainda afirma que a quantidade de aditivo varia muito da marca e recomenda-se 0,2% a 0,4% do peso do cimento.

2.3 PROCESSO PRODUTIVO

A Fig.1 apresenta a sequência do processo de fabricação dos blocos de concretos.

Figura 1: Fluxograma do processo produtivo de bloco do concreto.



Fonte: Adaptado de Gomes et al. (2017, p. 5)

2.3.1 Recebimento da matéria-prima

Conforme Marchioni (2012), para garantir a qualidade do produto final, é necessário realizar um controle no recebimento da matéria-prima, verificando se as mesmas atendem as especificações definidas na formulação. Caso seja diferente, devem ser feitos ajustes na produção ou devem ser devolvidos ao fornecedor. É importante que o armazenamento seja de forma correta, livre de umidade.

2.3.2 Dosagem do concreto

Segundo Freitas (2017), a dosagem do concreto é composta do cimento Portland, agregados e água. Além dos componentes tradicionais, atualmente no concreto se faz uso cada vez mais intensivo de aditivos que melhoram suas propriedades e reduzem seu custo.

As empresas fabricantes de artefatos de concreto, de pequeno e médio porte, em sua maioria, não possuem uma dosagem baseada em estudos. Fernandes (2013) aconselha que as empresas tenham o seu traço baseado nos próprios materiais utilizados e nos equipamentos que possuem, e que a dosagem seja feita na própria empresa. O traço é uma espécie de "receita" do concreto, ou seja, a indicação correta das proporções entre os materiais a serem empregados na confecção do concreto ou argamassa (FERNANDES, 2013).

2.3.3 Mistura e homogeneização

Após a dosagem dos materiais, os componentes devem ser muito bem misturados para garantir uma excelente homogeneização. Conforme Marchioni (2012), os misturadores disponíveis são os planetários, os horizontais de eixo helicoidal, os de eixo vertical fixo, os horizontais de pás e os de eixo inclinado (betoneira).

2.3.4 Vibro prensa (moldagem dos blocos)

Conforme Costa (2017), após a mistura dos componentes, a combinação de insumos é encaminhada ao equipamento responsável pela concepção dos blocos de concreto que são as vibro-prensas. Segundo Borges (2012), nessa etapa o material é compactado através da vibração e prensagem. A primeira função é responsável pelo adensamento e preenchimento nos moldes e a segunda é responsável pelo controle da altura dos blocos e acabamento.

2.3.5 Processo de cura

Segundo Mota (2014), o processo de cura tem como objetivo garantir a hidratação adequada do cimento, evitando a perda de umidade e assim conseguir uma peça de concreto com a resistência e durabilidade esperada. Conforme Marchioni (2012), a cura pode ser realizada no método mais simples com cobertura de lona plástica, câmara úmida ou a vapor.

Conforme Fernandes (2013), para empresas menores indica-se a molhagem com mangueiras, sistemas de irrigação, cobertura com lonas plásticas, preferencialmente pretas, ou saturação da umidade através de bicos, entre outros sistemas.

2.3.6 Análises no bloco de concreto

Conforme Costa (2017), após o processo de cura para avaliar a qualidade dos blocos, os mesmos são encaminhados para testes de resistência à compressão, vistoria em suas dimensões e absorção de água.

Para avaliar-se a qualidade dos blocos fabricados, segundo Muller (2015), são necessários alguns ensaios, realizados conforme as NBRs 12118/2013 e 6136/2016. A NBR 6136 estabelece os requisitos necessários para aceitação dos blocos de concreto e a NBR 12118 define os métodos de execução dos ensaios para a sua possível aprovação.

- **Absorção de água:**

Absorção é “o processo pelo qual um líquido é conduzido e tende a ocupar os poros permeáveis de um corpo sólido poroso” (ABNT, 2001, p.5). Conforme Fernandes (2013), a absorção de água está relacionada à porosidade e capacidade de retenção de líquido no interior do bloco. Segundo Costa (2017), a quantidade de água absorvida é uma característica importante, pois representa um indicador de durabilidade do produto. Conforme o especificado na NBR 6136:2016 o índice individual de absorção deve ser igual ou menor que 10% para o tipo de bloco (classe C) o qual está sendo estudado neste trabalho.

- **Análise dimensional:**

Conforme indica a NBR 12118 (ABNT, 2013), a análise dimensional é a verificação das dimensões do corpo de prova, sendo as principais: largura, altura e comprimento. Conforme a NBR 6136:2016 as dimensões reais dos blocos de concreto da família 15x40 devem apresentar as seguintes dimensões nominais: 140 mm de largura, 190 mm de altura e 390 mm de comprimento. A Norma ainda especifica tolerâncias máximas de ± 2 mm para a largura e ± 3 mm para altura e o comprimento.

- **Ensaio de resistência à compressão:**

De acordo com Reis (2016), outro parâmetro de qualificação do bloco de concreto é a resistência à compressão. É uma propriedade fundamental para os blocos estruturais, justamente por sua função e porque a durabilidade, a absorção de água e a impermeabilidade da parede estão intimamente ligadas a esta propriedade. Conforme a NBR 6136:2016, os valores de resistência a compressão para blocos Classe C com função estrutural devem ser superiores ou igual a 3 MPa.

2.3.7 Paletização, armazenagem e expedição

Conforme Campos (2012), após a cura e aprovação no controle de qualidade, os blocos de concretos são embalados e paletizados para facilitar o transporte deles, além de evitar a quebra do produto final. Finalizando essa etapa, os blocos já estão prontos para ser expedido ao cliente.

3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Nesta etapa serão descritos os materiais e o método que foram utilizados para o desenvolvimento dos blocos de concreto e também as análises que foram realizadas para a caracterização do material desenvolvido.

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo optou-se por seguir um procedimento com inicialmente três traços desenvolvidos e posteriormente avaliados. Todos foram baseados em Fernandes (2013) e Almeida e Purificação Filho (2014). Os materiais necessários para a execução do projeto são: cimento Portland (Cp II e Cp IV), areia média e fina, pedrisco, água, aditivo, pó de pedra e lona. Já os equipamentos necessários serão: paquímetro, betoneira, vibra prensa, balança, esteira.

Para o desenvolvimento dos blocos de concreto foram executados inicialmente três traços:

- Traço 1: pó de pedra, cimento portland CP IV, água.
- Traço 2: areia média, pedrisco, areia fina, cimento portland CP II, água e aditivo.
- Traço 3: areia média, pó de pedra, cimento portland CP IV, água e aditivo.

Segundo Marchioni (2012), nas indústrias de pequeno porte a dosagem da matéria-prima costuma ser feita manualmente em padiolas de madeira ou até mesmo em latas. Neste estudo, para a medição dos materiais, foram utilizadas latas de 20 litros. A Tab.4 apresenta a formulação que foi utilizada em cada traço.

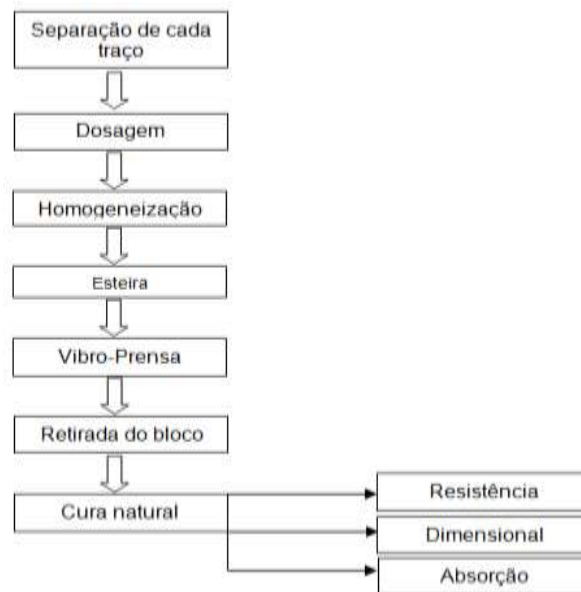
Tabela 4: Formulações utilizadas para o desenvolvimento dos blocos.

Materiais	Traço 1	Traço 2	Traço 3
Cimento CP IV	2	-	1
Cimento CP II	-	1	-
Pó de Pedra	3	-	3
Areia Média	-	3	1
Pedrisco	-	3	1
Água	1	1	1
Areia fina	-	1	-
Aditivo (%)	-	0,2	0,2

Fonte: Do autor (2020)

A Fig. 2 apresenta a metodologia utilizada para realização do trabalho. A coluna da esquerda são as etapas que foram realizadas e a coluna da direita são as principais análises que foram executadas com o produto final, para assim aprovar ou reprovar o traço testado.

Figura 2: Fluxograma da metodologia utilizada.



Fonte: Do autor (2020)

Para iniciar a produção dos blocos de concreto, primeiramente foi separado todo material necessário conforme os traços desenvolvidos. Posteriormente realizou-se a dosagem manualmente.

Para o traço 1 colocou-se o aglomerante e o agregado na betoneira, para iniciar a homogeneização, em seguida foi adicionada a água para verificar a consistência visual do material. No traço 2, foi colocada uma quantidade de água com o aditivo juntamente com pedrisco e colocados na betoneira para homogeneização. Em seguida acrescentou-se a quantidade de cimento juntamente com a areia média e fina e também o restante da água. O traço 3 iniciou-se com uma quantidade de água com aditivo, junto com a areia média e pó de pedra. Esses materiais foram colocados na betoneira para homogeneização. Em seguida acrescentou-se o cimento e o restante da água.

Após a homogeneização da mistura, o material foi despejado da betoneira diretamente na esteira o qual abastecerá o silo da máquina vibro-prensa pneumática

e ela fará o trabalho de compactar o material no molde escolhido e acoplado na máquina.

Por fim realizou-se a retirada dos moldes manualmente, e os blocos prontos foram encaminhados para o processo de cura natural. Nesse tipo de cura, os blocos devem permanecer pelo menos durante os sete primeiros dias em um local coberto, à temperatura ambiente, sendo assim os blocos foram cobertos com lona preta. Após esse tempo, os blocos foram estocados no pátio onde permanecerão por mais vinte e um dias. Após o período de cura, os blocos foram submetidos a ensaios para a caracterização do material.

Neste trabalho os ensaios que foram executados com os blocos de concreto são: resistência à compressão, análise dimensional e absorção. Como o principal objetivo do estudo é produzir blocos com função estrutural, a primeira análise a ser realizada será o ensaio de resistência a compressão, pois se o bloco não possuir a resistência aprovada, não poderá ser utilizado, mesmo que aprovados nos demais testes.

3.2 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

A resistência a compressão certifica os blocos de concreto quanto à sua capacidade de resistir. O não atendimento das resistências previstas em normas indica que tal produto poderá apresentar problemas futuros, como rupturas e trincas, oferecendo risco à construção. Dessa forma, essa é uma das propriedades de maior importância nos blocos de concreto.

O ensaio de resistência a compressão foi realizado conforme estabelecido pela NBR12118:2013, por um laboratório terceirizado. Conforme a norma recomenda, antes de serem submetidos a este ensaio, os blocos devem ter as faces regularizadas através do processo de capeamento. Este processo é sempre realizado antes de testes mecânicos, cujo objetivo é proporcionar que a peça avaliada se torne plana e uniforme, para que a carga aplicada durante o ensaio seja distribuída por toda área.

O capeamento deste estudo foi feito com uma argamassa de areia fina e cimento, com a proporção 1:1. É importante antes e depois deste processo fazer a medição da altura, largura, comprimento e espessura das paredes, para não

exceder a espessura média de 3 mm. Após 24 horas de cura do capeamento, o bloco será encaminhado ao laboratório para ser realizada a análise.

O valor de resistência à compressão para blocos com função estrutural (classe C) está descrito no referencial teórico.

3.3 ANÁLISE DIMENSIONAL

A análise dimensional é um simples ensaio, mas muito importante com a finalidade de evitar problemas futuros nas obras. Este ensaio é realizado de acordo com a norma NBR 12118:2013 e foi executado com auxílio de um paquímetro para verificar as medidas dos blocos. Foram analisadas as seguintes dimensões: comprimento, largura e altura. Para a realização do ensaio foram utilizadas três determinações para cada dimensão do corpo de prova conforme indicado na normativa.

As medidas obtidas dos blocos de concreto devem estar de acordo com a NBR 6136:2016. Os valores estabelecidos pela normativa estão indicados no referencial teórico.

3.4 ABSORÇÃO

Outro parâmetro de qualificação do bloco de concreto que foi realizado refere-se à quantidade de água absorvida. Fernandes (2013) indica que a absorção da água está relacionada à capacidade de retenção de líquido no interior do bloco e a durabilidade do produto.

A realização desta análise também foi baseada na NBR 12118:2013. Conforme esta normativa, três blocos foram pesados e em seguida encaminhados à estufa por 24h. Após passar as 24h os blocos devem ser pesados novamente e levados à estufa por mais 2h. Assim será obtido o valor da massa seca do corpo de prova. Posteriormente o resfriamento natural, os blocos foram imersos em água por mais 24h. Após esse período, os mesmos foram retirados e em condições de saturação devem ser pesados pela última vez. Os valores de absorção estão indicados no referencial teórico.

Para obter-se o valor de absorção de água será utilizada a Eq. (1):

$$A = \frac{m_2 - m_1}{m_1} * 100 \quad (1)$$

Onde:

A = absorção total expressa em porcentagem (%);

m2 = massa do corpo de prova saturado (g);

m1 = massa do corpo de prova seco em estufa (g).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão descritos os resultados dos traços desenvolvidos, assim como dos ensaios de: análise dimensional, absorção de água e resistência a compressão que foram executados para a caracterização dos blocos desenvolvidos.

Como visto anteriormente a resistência do bloco de concreto depende de muitos fatores, como por exemplo, o excesso de água, uma mistura inadequada, processo de cura feito de forma incorreta entre outras variáveis. A Fig. 3 ilustra o processo de homogeneização e abastecimento do silo da máquina vibro-prensa.

Figura 3: Homogeneização e abastecimento do silo da Máquina vibro-prensa.



Fonte: Do autor (2020)

Após a execução do desenvolvimento dos traços, eles foram encaminhados para processo de cura. Cada traço gerou 12 amostras. A Fig. 4 ilustra os blocos de concreto após a moldagem e no processo de cura.

Figura 4: Blocos de concreto no processo de cura.



Fonte: Do autor (2020)

Antes de serem submetidos a ensaios mecânicos, os blocos devem ter as faces regularizadas através do processo de capeamento. O capeamento dos blocos foi feito com uma argamassa de areia fina e cimento, com a proporção 1:1. Após 24 horas de cura do capeamento, os blocos foram encaminhados ao laboratório para ser realizada a análise de resistência a compressão.

4.1 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

A primeira análise realizada foi a resistência a compressão, pois o traço que reprovar neste teste deve ser descartado.

Conforme Muller (2015), a resistência a compressão é o principal ensaio a ser verificado. Esta análise garante que os blocos de concreto possuem a capacidade de resistir as cargas e assim evitar riscos futuros nas construções.

Todos os blocos desenvolvidos eram estruturais, classe C e foram ensaiados após 28 dias de idade. As análises de resistência a compressão foram realizadas por um laboratório terceirizado, o equipamento utilizado foi uma prensa hidráulica EMIC 2000 kN. A Tab. 5 apresenta os valores obtidos de resistência. De cada traço desenvolvido apenas um de cada foi escolhido, de forma aleatória, para realizar este teste.

Tabela 5: Resultados da análise de resistência após processo de cura.

Traço	Resistência (MPa)
1	0,5
2	3,5
3	1,9

Fonte: Do autor (2020)

Analisando os valores obtidos de resistência, pode-se perceber que o único bloco que atendeu aos requisitos da norma NBR 6136:2016 foi a amostra 2 que apresentou o valor de 3,5 MPa.

Para a classe C analisada os blocos devem possuir a resistência a compressão superiores ou igual a 3 Mpa. Com o traço 1 foi obtido 0,5 Mpa de resistência e com traço 3 conseguiu-se uma resistência de 1,9 Mpa, sendo assim ambos foram descartados por não obter a resistência mínima exigido na normativa. O traço 2, que foi confeccionado com Cimento Portland CP II, resultou em uma secagem mais rápida em relação aos traços 1 e 3, que foram confeccionados com Cimento Portland CP IV, no mesmo tempo de cura, o que pode ter ocasionado para ambos não atingirem a resistência mínima. O traço 3 ainda conseguiu uma resistência maior devido ao aditivo, porém mesmo assim não obteve a quantidade mínima conforme indicado na normativa.

Os blocos com valores de resistência inferiores ao mínimo estipulado pela norma indicam que poderão apresentar problemas estruturais, sendo assim os demais blocos que foram feitos com o traço 1 e 3 foram descartados.

Portanto somente o traço 2 possuiu um resultado satisfatório e foi encaminhado para as próximas análises.

4.2 ANÁLISE DIMENSIONAL

Segundo Martins et al. (2013), blocos de concretos com dimensões fora do padrão podem gerar problemas ao longo da construção. A diferença nos tamanhos dos blocos pode ocasionar muito desperdícios de materiais nas obras.

Somente foi realizado as demais análises com as amostras do bloco do traço 2, o qual foi aprovado no teste de resistência a compressão. O ensaio de análise dimensional dos blocos foi realizado segundo as indicações da NBR 12118:2013. Para realização deste ensaio foi utilizado um paquímetro com a precisão de 0,01 mm para verificar o comprimento, largura e altura.

Conforme indicado na normativa, foram utilizadas três determinações para cada dimensão do corpo de prova. A Fig. 5 ilustra a identificação dos três blocos de concreto, no qual foram realizadas a análise dimensional. Os resultados obtidos são exibidos na Tab. 6.

Figura 5: Identificação dos blocos de concreto para análise dimensional.



Fonte: Do autor (2020)

Tabela 6: Resultados obtidos na análise dimensional.

Traço 2	Altura (mm)	Largura (mm)	Comprimento (mm)
Bloco 2.1	190	140	390
Bloco 2.2	191	139	392
Bloco 2.3	190	140	391

Fonte: Do autor (2020)

De acordo com a indicação da NBR 6136:2016 as dimensões dos blocos de concreto da família 15x40 devem apresentar as seguintes dimensões: 140 mm de largura, 190 mm de altura e 390 mm de comprimento. A norma também especifica tolerâncias máximas de ± 2 mm para a largura e ± 3 mm para altura e o comprimento.

Analisando as dimensões obtidas pode-se observar que o bloco desenvolvido com o traço 2 apresentaram poucas variações. As medidas de altura, comprimento e largura ficaram dentro dos parâmetros conforme estabelecidos pela norma.

4.3 ABSORÇÃO DE ÁGUA

Outro parâmetro de qualificação do bloco de concreto se refere à quantidade de água absorvida. Conforme Costa (2017) esta característica é importante pois representa um indicador de durabilidade do produto.

Os blocos de traço 2, que foram aprovados no teste de resistência a compressão, foram submetidos a análise de absorção de água conforme a norma NBR 12118:2013 onde foi feita a determinação da massa seca (M1) e em seguida da massa saturada (M2). Os valores obtidos durante o ensaio e os valores de absorção total encontram-se na Tab. 7.

Tabela 7: Valores obtidos no corpo de prova e absorção (%).

Teste 2	Ensaio de Absorção	Resultados
Bloco 2.1	Massa do corpo de prova saturada (g)	10000
	Massa do corpo de prova seca (g)	9200
	Absorção (%)	8,69
Bloco 2.2	Massa do corpo de prova saturada (g)	9700
	Massa do corpo de prova seca (g)	8900
	Absorção (%)	8,99
Bloco 2.3	Massa do corpo de prova saturada (g)	9800
	Massa do corpo de prova seca (g)	8950
	Absorção (%)	9,50

Fonte: Do autor (2020)

Os limites de absorção devem estar de acordo com a norma NBR 6136:2016, na qual a mesma indica que blocos de concreto com função estrutural (classe C) devem possuir a absorção máxima de 10% ou menos.

É possível observar na Tab. 7, que as três análises realizada com os blocos de traço 2 possuíram resultado satisfatório, tendo em vista que todas as amostras obtiveram o valor de absorção máxima dentro dos parâmetros estabelecidos pela norma.

De acordo com os testes realizados verificou-se que o traço 2 foi aprovado em todas análises, sendo elas: resistência a compressão, análise dimensional e absorção de água. O mesmo atendeu todos os requisitos da norma regulamentadora.

5 CONCLUSÃO

O bloco de concreto é um material que tem conquistado espaço no ramo da construção civil. Esta pesquisa teve como principal objetivo desenvolver um bloco de concreto do tipo vazado sem fundo com função estrutural atendendo todas as especificações das normativas.

Para alcançar esse objetivo foram realizadas a verificação de resistência a compressão com os 3 traços desenvolvidos. O bloco que foi desenvolvido com o traço 2, foi confeccionado com Cimento Portland CP II e resultou em uma secagem mais rápida em relação aos traços 1 e 3, que foram confeccionados com Cimento Portland CP IV, no mesmo período de cura, o que pode ter ocasionado para ambos não atingirem a resistência mínima conforme estabelecido na normativa NBR 6136:2016.

A análise dimensional e absorção de água foram realizadas somente com o traço 2 pois foi o único que obteve a resistência mínima conforme a normativa. O bloco que foi confeccionado com o traço 2 ficou em conformidade na análise dimensional, resistência a compressão e absorção de água.

Com o término da presente pesquisa pode-se concluir que baseado no referencial teórico e alguns ajustes na prática se tornou possível realizar a produção do bloco estudado e assim podendo contribuir com uma Empresa que está iniciando no mercado.

Por fim, sugere-se como uma possível continuidade do trabalho, experimentar através de testes a adição de materiais alternativos, como cinza de casca de arroz ou resíduos da construção civil na fabricação dos blocos de concreto, como substituição de parte do cimento ou agregados na mistura, visando a sustentabilidade na produção dos blocos de concreto.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria. Paraná, 2016. 25 p. Disponível em: <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/nbr-6136.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2020.

ABNT. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009. 15 p. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/material/Nbr_7211_2005.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2020.

ABNT. **NBR 12118**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – métodos de ensaio. Paraná, 2013. 16 p. Disponível em: <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAhBuwAH/nbr-12118-2013-blocos-vazados-concreto-simples-alvenaria>>. Acesso em: 26 mar. 2020.

ABNT. **NBR NM 30**: Agregado miúdo: Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001. 10 p. Disponível em: <<https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2015/03/nbr-nm-0030-2001-agregado-mic3bado-determinac3a7c3a3o-da-absorc3a3o-de-c3a1gua.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

ALMEIDA, Marconi Oliveira de; PURIFICAÇÃO FILHO, José Coelho da. **Estudo dos Parâmetros de Dosagem que Envolve a Produção de Blocos de Concreto**. Artigo Acadêmico (Universidade Federal do Vale do São Francisco). EvolvereScientia, Juazeiro, 2014, v.3, n.1, p. 60-75. Disponível em <<http://www.scientia.univasf.edu.br/vol3/Artigo-7-Vol3.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2020.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de construção**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Editora da LTC, 2016.

BORGES, Gustavo da Fonseca. **Produção de blocos de concreto para vedação: análise da viabilidade técnico-econômica da utilização dos agregados reciclados**. 2012. 83f. TCC (Trabalho e Conclusão de Curso em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/79744/000897347.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

CAMPOS, Felipe Henrique Azevedo. **Análise do ciclo de vida na construção: Um estudo entre vedações estruturais em painéis pré-moldados e alvenaria em blocos de concreto**. 2012. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/ISMS-8XVK6S/1/dm___felipe_2012_rev02.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2020.

COSTA, Paula Geralda Santos. **Análise das viabilidades técnica, econômica e sustentável do bloco de concreto convencional em comparação com o bloco de concreto reciclável**. 2017. 89 f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso em

Engenharia Civil) – Centro Universitário de Formiga UNIFOR, Formiga, 2017.

Disponível

em:<https://bibliotecadigital.uniformg.edu.br:21015/xmlui/bitstream/handle/123456789/497/TCC_PaulaGeraldaSantosCosta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 25 mar. 2019.

FERNANDES, Idário D. **Blocos e Pavers**- Produção e Controle de Qualidade. 4. ed. Ribeirão Preto: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda, 2013. 200p.

FREITAS, José de Almendra. **Materiais de construção com madeira para mitigação de gases de efeito estufa na execução de edificações**. 2017.204 f.

Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em:

<<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/49450/R%20-%20T%20-%20JOSE%20DE%20ALMENDRA%20FREITAS%20JUNIOR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso: 30 mar. 2020.

GOMES, Paulo César Correia; PEREIRA, Fábio Alencar; UCHÔA, Sílvia Beatriz Beger; OLIVEIRA, Fábio Cabral de; ALMEIDA, Lícia Holanda. Obtenção de blocos de concreto com utilização de resíduos reciclados da própria fabricação dos blocos. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 3, p. 267-280, jul./set. 2017. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212017000300267&lng=em&nrm=iso&lng=pt> . Acesso em: 30 mar. 2020

MARCHIONI, Mariana Lobo. **Desenvolvimento de técnicas para caracterização de concreto seco utilizado na fabricação de peças de concreto para pavimentação intertravada**. 2012. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

Disponível em: < https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-18072013-150832/publico/dissertacao_marianamarchioni.pdf >. Acesso em: 25 mar. 2020.

MARTINS, Juliana Furtado Arrobas; DALTO Carolina da; FIORITI César Fabiano; OKIMOTO Fernando Sérgio. Reconhecendo um bom bloco de concreto para alvenaria: análise da qualidade do material adquirido. **Tópos**, v. 07, n. 2, p. 41-65, maio/ago. 2013. Disponível em:

<<http://revista.fct.unesp.br/index.php/topos/article/view/3499>>. Acesso em: 24 ago. 2020.

MOTA, Marcos Henrique Almeida. **Concreto Seco com Incorporação de Cinzas de Madeira de Algaroba (Prosopis Juliflora) Moldado sob Pressão**. 2014. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Pernambuco, Curuaru, 2014. Disponível em:

<<https://www.ufpe.br/ppgecam/images/documentos/Dissertacoes/dissert.%20marcos%20mota%20com%20alterada%2022_07-

com%20folha%20de%20assinatura%20em%20branco-pdf.pdf>. Acesso em 26 mar. 2020.

MULLER, Luana Caroline. **Estudo de Produção e Desempenho de Blocos de Concreto**. 2015. 115 f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2015. Disponível em: <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3871/TCC%20Luana%20M%c3%bciler.pdf?sequence=1>> Acesso em: 25 mar.2020

NETO, Arnaldo Martin Nardy; CARDOSO, Glauber Moreira; CHALEGRE, José Marcos VamBastein de Lima; GRACIANO, Luís Fernando; PICARELLI, Ricardo Muzzetti. **Estudo da influência de aditivos em concreto**. 2018. 52 f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) – FAAT Faculdades, Atibaia, 2018. Disponível em: <<http://186.251.225.226:8080/bitstream/handle/123456789/149/Nardy%20Neto%2c%20Arnaldo%20Martin%202018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 19 mar. 2020.

NEVILLE, Adam M.; BROOKS, J.J. **Tecnologia do Concreto**. 2ªed. São Paulo: Editora: Bookman, 2013. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=cqY5AgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR4&dq=info:h7CAcEg06o4J:scholar.google.com/&ots=RWvHvGtxP2&sig=xYUdwhsts9jBWC1OAOVuzTeaQa4#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 16 mar. 2020.

REIS, Walmir Costas dos. **Alvenaria estrutural com blocos de concretos vazados**. 2016. 85f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual do Maranhão – MA – Brasil, 2016. Disponível em: <<http://www.arquitetura.uema.br/wp-content/uploads/2018/08/UEMA-AU-TCC-2016-REIS-Alvenaria-estrutural-com-blocos-de-concreto-vazados.pdf>> acesso em: 26 mar. 2020.