

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL  
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

**LUCIANO DA SILVA PENA  
ADRIANO FERREIRA GOMES SOARES**

**ANÁLISE DOS BLOCOS DE CONCRETO COMERCIALIZADOS NA REGIÃO DE  
CARATINGA/MG EM CONFORMIDADE COM A NORMA NBR 6136/2016**

**CARATINGA**

**2019**

**LUCIANO DA SILVA PENA**

**ADRIANO FERREIRA GOMES SOARES**

**FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

**ANÁLISE DOS BLOCOS DE CONCRETO COMERCIALIZADOS NA REGIÃO DE  
CARATINGA/MG EM CONFORMIDADE COM A NORMA NBR 6136/2016**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia Civil  
das Faculdades Doctum de Caratinga,  
como requisito parcial à obtenção do título  
de Bacharelado em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Thales Leandro de Moura

**CARATINGA**

**2019**

**TERMO DE APROVAÇÃO**

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: ANÁLISE DOS BLOCOS DE CONCRETO COMERCIALIZADOS NA REGIÃO DE CARATINGA/MG EM CONFORMIDADE COM A NORMA NBR 6136/2016, elaborado pelo(s) aluno(s) LUCIANO DA SILVA PENA e ADRIANO FERREIRA GOMES SOARES foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA CIVIL das FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

**BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.**

Caratinga 09/07/2019

*Thales Moura de Moura*

THALES MOURA

Prof. Orientador

*João Moreira*

JOÃO MOREIRA

Prof. Avaliador 1

*Leandro Souza*

LEANDRO SOUZA

Prof. Examinador 2

Dedicatória.

Dedico esta conquista em primeiro lugar à Deus, e dedico aos meus pais, irmãos e irmãs e principalmente dedico a minha esposa Carla Mendes. (Adriano Soares)

Adriano Ferreira Gomes Soares.

“A vida é como a matemática, criamos raízes que o mundo tenta subtrair de nós, porém o que é somado de bom nos ajudará a ter a solução exata do que precisamos”

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer em primeiro lugar, à Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada.

Quero agradecer aos professores por ter compartilhado o que tem de melhor em cada um deles, o conhecimento.

Quero agradecer meus pais por ter feito o melhor para mim e meus irmãos, por ter nos deixado a melhor herança que se pode receber, humildade e caráter.

Quero agradecer também a minha esposa, Carla Mendes, que de forma especial e carinhosa, teve me apoiando em todos os momentos, por ser minha parceira de todas as horas.

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

A – Teor de umidade

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

C - Comprimento

cm - Centímetro

CP – Cimento Portland

fb – Resistência a compressão individual

fbk – Resistência característica a compressão

g – Grama

H – Altura

L - Largura

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

MPa – Megapascal

mm – milímetro

M1 – Massa do bloco seco

M2 – Massa do bloco umido

NBR – Norma Brasileira Registrada

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Seção polida de um corpo-de-prova de concreto .....	16
Figura 2 - Visualização do inchamento da areia .....	21
Figura 3 - Bloco vazado de concreto simples .....	25
Figura 4 - Ensaio de resistência a compressão .....	37
Figura 5 - Valores individuais de cada um dos blocos de concreto .....	38
Figura 6 - Valores de média dos blocos de concreto à resistência a compressão ....	38
Figura 7 – Blocos de concreto secos .....	40
Figura 8 – Blocos de concreto submergidos .....	40

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Nomenclatura dos cimentos portland .....	19
Quadro 2 - Dimensões dos blocos de concreto.....	26
Quadro 3 - Classificação dos blocos por classe .....	27
Quadro 4 - Dimensão das paredes .....	28
Quadro 5 – Determinação da quantidade de blocos para ensaio .....	32
Quadro 6 - Valores em função da quantidade de blocos.....	34
Quadro 7 – Resultado do ensaio de análise dimensional em mm (HxLxC) .....	36
Quadro 8 – Cálculo do desvio padrão dos blocos em Mpa .....	39
Quadro 9 - Resultados individuais e médias dos blocos de concreto referente a absorção de água em % .....	41

## RESUMO

A alvenaria estrutural sempre foi empregada nas obras desde a antiguidade por sua facilidade de fabricação e construção, ao longo dos anos ela foi adquirindo cada vez mais espaço na área da engenharia civil, aumentando não apenas a utilização como estudos para sua melhoria, observação de diretrizes que melhor se encaixam com sua aplicação. Sendo assim este trabalho foi guiado para determinar a qualidade dos blocos de concreto que são comercializados na região de Caratinga/MG. Foram visitadas 3 fábricas de produção dos blocos, em cada uma foi feito um levantamento quantitativo e qualitativo de acordo com o que cada uma diz sobre o seu produto, como cada fábrica tem uma produção abaixo de 5 mil lotes foram retirados 9 blocos de concreto de cada uma para realização dos ensaios conforme a NBR 6136/2016. Os blocos foram levados até o laboratório do centro de pesquisa da Doctum e iniciados os procedimentos de ensaios de acordo com as normas NBR 6136/2016 e NBR 21118/2013 que determinam as diretrizes e o processo de realização de cada teste. Foi feita uma análise dimensional de cada bloco com um paquímetro sendo 19 cm de altura, 19 cm de largura e 39 cm de comprimento, averiguando que todos estavam em conformidade com a norma e podendo dar continuidade. 6 blocos de cada fábrica foram utilizados para o ensaio de resistência a compressão, com os valores individuais foi realizada a equação para se obter a média como mostrado na norma NBR 6136/2016. Os outros 3 blocos foram utilizados para o ensaio de absorção de água, deixando-os dentro da estufa entre 100°C e 105°C graus por 24 horas para sua completa secagem, decorrido o prazo foram pesados e colocados em um tanque de água por igual período, após o prazo foi feita uma nova pesagem e realizada equação de acordo com a norma NBR 6136/2016 determinando o teor de umidade absorvido de cada bloco. Ao realizar todos os ensaios foram classificados os blocos de acordo com os seus resultados, chegando a conclusão que a Fábrica B tem classificação B, a Fábrica C tem classificação A e a Fábrica A não passou no teste de absorção de água, tendo que seus blocos serem rejeitados para utilização.

**Palavras-chave:** Bloco de concreto; Ensaio; Norma.

## ABSTRACT

Structural masonry has always been used in the works since antiquity for its ease of construction and construction, over the years it has been conquering more and more space in the area of civil engineering, and is no longer used as a study for its improvement, observation of guidelines that best fit your application. Therefore, this work was guided to the determination of concrete blocks that are commercialized in the region of Caratinga / MG. As visits were made in blocks, in each was made a quantitative and qualitative quantitative according to what increasingly about their product, and each factory has a production below 5 thousand landmarks were removed 9 concrete blocks of Each one for carrying out the tests according to NBR 6136/2016. The blocks were taken to the laboratory of the research center and started to have procedures according to the norms NBR 6136/2016 and NBR 21118/2013 that determine the guidelines and the process of accomplishment of each test. A dimensional analysis of each block was made, one meter high, 19 cm wide and 39 cm long, all of which were in compliance with the standard and could give continuity. 6 blocks of each round were used for the compressive strength test, with individual values for the equation of a series as standard in NBR 6136/2016 standard. The other 3 blocks were used for the water absorption test, leaving them in the oven between 100 ° C and 105 ° C for 24 hours for their complete sequence, after death and the duration of a water tank for an equal period after The term was reweighted and an equation according to the norm NBR 6136/2016 Determining the moisture content of a package. In carrying out all the writings were classified as modules according to their results, arriving at a conclusion that Factory B has a classification B, a Factory of Calculation A and Factory has not been subjected to a water absorption test, taking these reject blocks for use.

**Keywords:** Concrete block; Test; Standard.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1 Contextualização</b> .....	<b>13</b>
<b>1.2 Objetivos</b> .....	<b>13</b>
1.2.1 Objetivo geral .....	14
1.2.2 Objetivo específico .....	14
<b>1.3 Justificativa</b> .....	<b>14</b>
<b>1.4 Estrutura do trabalho</b> .....	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1 Concreto</b> .....	<b>16</b>
2.1.1 Cimento Portland .....	17
2.1.1.1 <i>Massa específica aparente:</i> .....	20
2.1.1.2 <i>Origem:</i> .....	20
2.1.1.3 <i>Dimensões:</i> .....	20
2.1.2 Água .....	22
2.1.3 Propriedades do Concreto Fresco.....	23
2.1.4 Propriedades do Concreto Endurecido.....	23
<b>2.2 Blocos de concreto</b> .....	<b>24</b>
2.2.1 Características dos blocos de concreto .....	25
<b>2.3 Fatores que influenciam no desempenho dos blocos de concreto</b> .....	<b>29</b>
2.3.1 Cura .....	29
2.3.2 Tempo de adensamento.....	29
2.3.3 Teor de água e cimento .....	30
<b>2.4 Parâmetros dos ensaios</b> .....	<b>30</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>32</b>
<b>3.1 Ensaio de análise dimensional</b> .....	<b>32</b>
<b>3.2 Ensaio de resistência à compressão</b> .....	<b>33</b>
<b>3.3 Ensaio de absorção de água</b> .....	<b>34</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>36</b>
<b>4.1 Análise dimensional</b> .....	<b>36</b>
<b>4.2 Resistência a compressão</b> .....	<b>37</b>
<b>4.3 Absorção de água</b> .....	<b>39</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>44</b>

APÉNDICE A.....	47
-----------------	----

## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 Contextualização**

Grande parte dos materiais utilizados na construção civil são recursos naturais que podem ou não sofrer processos de industrialização. A variedade desses recursos leva a um interesse em pesquisas de soluções alternativas que aumentem a eficiência e a qualidade das edificações, uma das tecnologias construtivas que é amplamente usual no Brasil é a alvenaria estrutural com o uso de blocos de concreto, que possuem como principal função resistir esforços dos mais diversos modelos habitáveis.

Atualmente é observado que o mercado de blocos vazados de concreto, com e sem função estrutural, está em grande ascensão, aumentando a demanda não só por tecnologia para sua melhora, como fabricação mais rápida e mantendo um controle de qualidade.

No Brasil, utiliza a norma ABNT NBR 6136/2016 para a avaliação da qualidade dos blocos de concreto utilizando ensaios como resistência a compressão, absorção de água e análise dimensional e estabelece os requisitos para o recebimento de blocos vazados de concreto simples, destinados a execução de alvenaria com ou sem função estrutural

A principal preocupação das normas é de garantir, através de testes nos elementos isolados, no caso o bloco, a segurança estrutural da edificação bem como a estabilidade das paredes por ele produzidas.

Mas com a crescente demanda pela sua procura, acabam por surgir fábricas para sua produção, muitas dessas sem qualquer controle de qualidade e conhecimentos técnicos suficientes para a fabricação dos blocos.

Logo é essencial o fomento de pesquisas para avaliarem a qualidade dos blocos de concreto comercializados nos mercados para determinar se estão de acordo com a norma NBR 6136/2016, e não irão acarretar nenhum tipo de problema patológico nas construções.

### **1.2 Objetivos**

### 1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho visa uma avaliação dos blocos de concreto fabricados na região de Caratinga / MG conforme a norma ABNT NBR 6136/2016.

### 1.2.2 Objetivo específico

São objetivos específicos do presente trabalho:

- Levantamento quantitativo e qualitativo das informações técnicas da fábrica;
- Identificar os parâmetros de resistência a compressão, absorção de água e dimensões de cada bloco;
- Comparar os parâmetros normativos com os resultados encontrados.

## 1.3 Justificativa

A alvenaria estrutural é uma das formas que se conhece de se construir, mais utilizadas e com maior aceitação em toda a história da humanidade, desde as civilizações antigas como o coliseu de Roma e as pirâmides do Egito, e também comprovam sua eficiência durando até os dias atuais. Mas para manter obras duradouras e eficientes é necessário utilizar materiais de qualidade, estes que são produzidos em fábricas voltadas para produtos da construção civil, e para confirmar a consistência dos produtos fabricados é exigido ensaios e resultados regulados por norma. Buscando está área o presente trabalho irá analisar os blocos de concreto fabricados na região de Caratinga/MG, averiguando a qualidade dos mesmos conforme a norma ABNT NBR 6136/2016 e 12118/2013.

## 1.4 Estrutura do trabalho

Capítulo 1: Trata da abordagem inicial do tema proposto, contendo a contextualização, objetivos, justificativa e a estrutura do trabalho.

Capítulo 2: Compreende a fundamentação teórica, ou seja, o embasamento literário sobre o bloco de concreto, sua constituição e suas diretrizes para utilização em obra.

Capítulo 3: Informará sobre toda a metodologia de aplicação dos ensaios conforme a norma NBR 6136/2016 e 12118/2013, desde a captação dos blocos de concreto até a realização dos testes em laboratório.

Capítulo 4: Apresentará os resultados obtidos dos ensaios das amostras e respectivos valores de resistência, absorção e dimensionamento de cada um dos blocos de concreto.

Capítulo 5: Conclusões e considerações finais desta pesquisa.

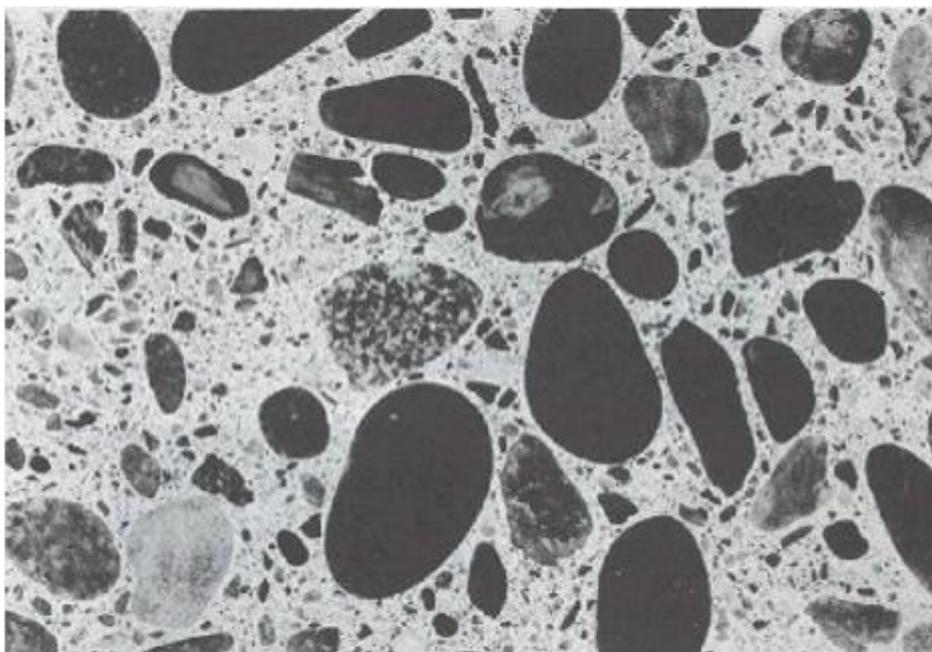
## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Concreto

Para Petrucci (1998) a definição de concreto nada mais é que a mistura de um material aglomerante, no caso o cimento, material que influencia na resistência, volume e outras características e água, tendo em seu início características plastificantes, podendo manuseá-lo e com o tempo a reação da água com o aglomerante adquire resistência e coesão. Esta reação leva um tempo para ser concluída, sendo necessário um ambiente propício para que possa ocorrer a completa reação entre água e cimento, este procedimento é conhecido como cura do concreto.

Segundo Mehta e Monteiro (2008), a microestrutura do concreto é observada de forma complexa e heterogênea, ao se analisar a microestrutura do concreto como na Figura 1, é percebido esta heterogeneidade entre as partículas sólidas dos agregados e a pasta de cimento, promovendo a resistência necessária para sua utilização na construção civil.

Figura 1 - Seção polida de um corpo-de-prova de concreto



Fonte: Mehta e Monteiro (1994)

Conforme Leonhardt e Mönnig (2008), perceberam que existem tipos de

cimento, e um deles que é usado para fabricação de concreto, tem seu período de cura muito curto podendo ser de horas e com um ganho de resistência variando entre 60% a 90%. Através disso classificaram o concreto por sua massa específica, como concreto leve, concreto normal e concreto pesado.

De acordo com Adão e Hemerly (2010), o concreto por ser um material com uma relação de resistência a compressão alta e um baixo custo, tornou-se popular sendo difundido e utilizado em todas as regiões do planeta, e através de pesquisas a variação de sua resistência foi expressa em Mpa.

### 2.1.1 Cimento Portland

Segundo NBR 11578 (ABNT, 1991, p. 2) o cimento Portland é definido como:

“Aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem é permitido adicionar a esta mistura materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais carbonáticos.”

Na ABCP (2004), dita que o cimento Portland é um material fino aglomerante que reage misturado com a água, dando a ele propriedades de endurecimento, após o efeito de endurecimento, mesmo que seja adicionado mais água a ele, este já não irá sofrer mais nenhum tipo de reação.

Segundo Bauer (2015) os componentes principais que formam o cimento são a alumina, óxido de ferro, sílica e cal; estes representam a sua composição de 95 a 96%, os 2% a 3% restantes são a magnésia e os 1% são outros óxidos.

Conforme Petrucci (1998) os materiais que compõe o cimento como dito a cima, promovem os compostos que estão presente no cimento, estes são o silicato dicálcico, ferroaluminato tretacálcico, silicato tricálcico e aluminato tricálcico. A porcentagem de cada um destes componentes são:

- C3S (silicato tricálcico) – 42 a 60%
- C2S (silicato dicálcico) – 14 a 35%
- C3A (aluminato tricálcico) – 6 a 13%
- C4AF (ferroaluminato tretacálcico) – 5 a 10%

Dos componentes que fazem parte do cimento o silicato dicálcio é que promove

a resistência a longo prazo, que seriam de um ano ou mais. Já o silicato tricálcio é o responsável pelo ganho de resistência inicial tendo um prazo de 4 semanas a partir do início da cura, ele também é responsável pelo tempo de pega e pela liberação de calor da mistura água cimento, (BAUER, 2015).

Outro componente que colabora com o ganho da resistência inicial principalmente no primeiro dia é o Aluminato tricálcico, mas em contrapartida o ferroaluminato tetracálcio não contribui com nada, apenas volume, sem nenhum tipo de interferência no processo, (BAUER, 2015).

Segundo Helene e Terzian (1992) o aumento ou diminuição da velocidade que acontece na reação de hidratação entre a água e o cimento está diretamente ligado a finura do cimento. O tamanho das partículas é uma característica muito importante do cimento, pois o seu tamanho tem influência direta no ganho de resistência principalmente no começo, na trabalhabilidade, coesão do concreto e também reduz a exsudação, isto ocorre quando a sua finura é menor, mas também tem seu lado negativo, com a diminuição da finura, terá mais reações de hidratação, havendo uma maior liberação de calor, tornando o concreto mais propenso a ocasionar fissuras.

De acordo com Fusco (2008) o Brasil determinou uma classificação para os cimentos produzidos através do tempo de pega do concreto, os que tiveram um início de pega menor que 30 minutos é pega rápida, de 30 a 60 minutos tempo de pega normal e acima de 60 minutos pega demorada, e o prazo médio do fim de pega varia de 5 a 10 horas.

A ABCP (2002) fez uma listagem dos cimentos portland fabricados no Brasil que estão em conformidade com a norma ABNT NBR 16697, esta determina as diretrizes com relação ao armazenamento, produção, composição e as demais propriedades e critérios de acordo com o tipo de cimento, no Quadro 1 abaixo está a designação dos tipos de cimentos e suas identificações.

Quadro 1 - Nomenclatura dos cimentos portland

Nome técnico		Sigla	Classe	Identificação do tipo e classe
Cimento portland comum (NBR 5732)	Cimento portland comum	CP I	25	CP I-25
			32	CP I-32
	40		CP I-40	
	Cimento portland comum com adição	CP I-S	25	CP I-S-25
			32	CP I-S-32
			40	CP I-S-40
Cimento portland composto (NBR 11578)	Cimento portland composto com escória	CP II-E	25	CP II-E-25
			32	CP II-E-32
			40	CP II-E-40
	Cimento portland composto com pozolana	CP II-Z	25	CP II-Z-25
			32	CP II-Z-32
			40	CP II-Z-40
	Cimento portland composto com filer	CP II-F	25	CP II-F-25
			32	CP II-F-32
			40	CP II-F-40
Cimento portland de alto-forno (NBR 5735)		CP III	25	CP III-25
			32	CP III-32
			40	CP III-40
Cimento portland pozolânico (NBR 5736)		CP IV	25	CP IV-25
			32	CP IV-32
Cimento portland de alta resistência inicial (NBR 5733)		CP V-ARI	-	CP V-ARI
Cimento portland resistente aos sulfatos (NBR 5737)		-	25 32 40	Sigla e classe dos tipos originais acrescidos do sufixo RS. Exemplo: CP I-32RS, CP II-F-32RS, CP III-40RS etc.
Cimento portland de baixo calor de hidratação (NBR 13116)		-	25 32 40	Sigla e classe dos tipos originais acrescidos do sufixo BC. Exemplo: CP I-32BC, CP II-F-32BC, CP III-40BC etc.
Cimento portland branco (NBR 12989)	Cimento portland branco estrutural	CPB	25	CPB-25
			32	CPB-32
	Cimento portland branco não estrutural		CPB	-
Cimento para poços petrolíferos (NBR 9831)		CPP	G	CPP - classe G

Fonte: ABCP (2002)

Bauer (2015) fala que o agregado é um material formado por uma mistura de partículas incoesivas, e estas cobrem uma larga extensão de tamanhos diferentes e com nenhuma reação química. Estes agregados podem ser desde pedra brita, fíler, rachão, bica-corrída entre outras. Porém Neville e Brooks (2013) dizem que eles não são totalmente inertes e podem sim ter reações químicas, alterando propriedades térmicas, físicas e até fazendo alterações químicas, influenciando diretamente no

concreto. Petrucci (1998) classifica os agregados em:

### 2.1.1.1 Massa específica aparente:

A massa específica aparente leva em consideração a densidade aparente do produto, sendo assim ele classifica em agregado pesado, normal e leve, conforme será mostrado na Tabela 1:

Tabela 1 - Densidade aparente média dos agregados

Leves	(g/cm <sup>3</sup> )	Normais	(g/cm <sup>3</sup> )	Pesados	(g/cm <sup>3</sup> )
Vermiculita	0,3	Calcário	1,4	Barita	2,9
Argila expandida	0,8	Arenito	1,45	Hematita	3,2
Escória granulada	1,0	Cascalho	1,6	Magnetita	3,3
		Granito	1,5		
		Areia	1,5*		
		Basalto	1,5		
		Escória	1,7		

Fonte: Reproduzido de Bauer (2015)

### 2.1.1.2 Origem:

Natural: Estes agregados são encontrados no meio ambiente já em sua forma de uso, talvez em alguns casos ser necessário apenas moagem para diminuição dos seus fragmentos, são este: seixo rolado, pedregulho e areia.

Artificial: São os agregados obtidos na natureza, mas ainda necessitam de um tratamento de aperfeiçoamento, para chegar ao ponto de uso, são estes: argila expandida, escória britada, etc.

### 2.1.1.3 Dimensões:

A classificação dos agregados com relação ao tamanho tem muito relevância, tendo o comportamento do concreto dividido entre:

- Agregados Miúdos: É o material passante na peneira de número 4 (EB-22/72), podendo considerar um valor de até 15% dos grãos retidos na peneira especificada.
- Agregados Graúdos: É o material retido na peneira de número 4 (EB-22/72), podendo considerar um valor de até 15% de grãos passantes na peneira especificada.

Caso o agregado um valor superior a 15% passante ou retido na peneira de número 4 (EB-22/72), ele será considera mesclado de graúdo e miúdo

A NBR 6467 (ABNT, 2006) define que a alteração do volume aparente do agregado miúdo é chamada de inchamento, sendo esta causada pela absorção da água pelos grãos, como apresenta a Figura 2.

Helene e Terzian (1992) dizem para ficar atento ao na dosagem de volume por causa do inchamento, variando a massa do agregado conforme a absorção da água, logo é necessário fazer uma ajustagem no traço do concreto.

Figura 2 - Visualização do inchamento da areia



Fonte: Helene e Terzian (1992)

Neville e Brooks (2013) afirmam que a necessidade de utilização dos agregados para produção do concreto é muito alta, pois se utilizássemos apenas a pasta de cimento e água, sabendo que o valor do cimento é inferior ao valor dos agregados, não seria vantajoso, pois através de suas pesquisas, confirmaram que as variações de volume do cimento podem chegar a 10 vezes da variação do volume do concreto, ocasionando assim grandes retrações, e com um volume muito maior de cimento, a energia liberada das reações químicas de hidratação, iriam emanar muito calor havendo uma liberação enorme de água através da vaporização, sendo assim não tendo nenhum custo benefício utilizando apenas o cimento na fabricação do concreto..

O agregado sendo ele miúdo ou graúdo, não pode ser negligenciado, por causa de sua relação direta com a diminuição de fissuras, aumento de resistência a compressão, menor liberação de calor ao se iniciar o processo de hidratação, demonstrando a sua vasta área de benefícios para a produção do concreto. (MEHTA E MONTEIRO, 2008).

### 2.1.2 Água

De acordo com Leonhardt e Mönning (2008) eles definem que praticamente todas águas naturais tem utilização na fase de amassamento do concreto, mas com exceção de águas que tem compostos químicos nocivos ao cimento, como é o caso da água do mar, os seus sais provocam corrosão na armadura, também é desconsiderado águas vindas de dejetos industriais, por terem agentes químicos nocivos.

Uma quantidade grande de impurezas encontradas nas águas afeta diretamente no tempo de pega e na resistência do concreto, por causa dos compostos encontrados nela, acabam afetando a reação da água com o cimento, podendo ocasionar também outras patologias como a eflorescência. A água vinda da rede de distribuição fornecida livre de impurezas e é especificada para utilização no amassamento do concreto (MEHTA E MONTEIRO, 2008).

Segundo Mehta e Monteiro (2008), ao se analisar a microestrutura da pasta de cimento, é notado uma quantidade de retenção muito grande de água, relacionado com a porosidade e a umidade do ambiente, estas são classificadas em graus de

dificuldade em expelir a água, elas são: água interlamelar, água adsorvida, água capilar e água quimicamente combinada.

### 2.1.3 Propriedades do Concreto Fresco

As propriedades do concreto fresco são: a integridade da massa consistência, a textura, a massa específica, o poder de retenção de água e a trabalhabilidade. (PETRUCCI, 1998).

Segundo Leonhardt e Mönning (2008) determinando que a consistência é a característica mais importante do concreto fresco, ela é determinada pelo ensaio de alargamento da massa e o abatimento, esta relação é imprescindível para a trabalhabilidade.

A importância da trabalhabilidade está ligada com o adensamento do concreto, alcançando assim uma máxima densidade através de sua compactação aplicando uma energia de trabalho nele. (BAUER, 2015).

Helene e Andrade (2010) afirmam que o período do concreto fresco que vem desde a fase de mistura, transporte, lançamento e adensamento varia de 1 a 5 horas.

A constituição do concreto como relação água e cimento, o tipo de cimento, materiais, consumo do cimento, teor da argamassa, as propriedades dos agregados, todas essas composições influenciam diretamente na trabalhabilidade do concreto. Alguns fatores que não estão ligados diretamente ao concreto também influenciam como armadura, lançamento, transporte, etc, (HELENE E ANDRADE, 2010).

### 2.1.4 Propriedades do Concreto Endurecido

Segundo Bauer (2015) o que define o concreto é a característica do seu endurecimento a longo prazo, mas esta qualidade não é suficiente para a construção civil é necessário que tenha durabilidade para poder resistir a qualquer tipo de ação nociva, desde ventos, eventos climáticos, produtos nocivos que poderiam degradar o concreto, logo este conjunto de propriedades que tornam o concreto tão interessante e almejavél para o setor de construção.

Outra característica importante para o concreto é a impermeabilidade de sua estrutura, pois assim irá impedir trocar aquosas que podem afetar o seu interior e atingirem as armaduras que ficam no interior dos edifícios, (BAUER, 2015).

Para Leonhardt e Mönning (2008) a determinação da resistência a compressão do concreto é observada ao se analisar através de ensaios o corpo de prova a resistência do concreto endurecido que foi separado no momento da concretagem, seguindo assim as mesmas condições.

Petrucci (1998) afirma que as principais causas que afetam diretamente na resistência do concreto são: graduação dos agregados, idade, a relação água/cimento os principais fatores que afetam a resistência mecânica são a relação água/cimento, velocidade de aplicação da carga de ensaio, dimensão dos corpos de prova e a duração da carga.

Após o endurecimento, o concreto adquire boa resistência à compressão, baixa resistência à tração e comportamento frágil, ou seja, rompe com pequenas deformações. Dessa forma, ele em grande parte das aplicações estruturais é usado junto com outros materiais, para melhorar as características do concreto (PINHEIRO, 2007).

## **2.2 Blocos de concreto**

O uso da alvenaria estrutural tem suas comprovações desde a antiguidade, mas de acordo com Prudêncio et. al. (2002), o primeiro surgimento real da alvenaria estrutural ocorreu no ano de 1950 através de Paul Haller na Suíça, ele dimensionou e construiu um prédio com treze andares, alcançando uma altura de 41,40 metros de comprimento, na Basileia, com alvenaria não armada.

Já na década de 60 ocorreu um aumento de estudos relacionados com os blocos de concreto para sua utilização em alvenaria estrutural, os professores Hendry e Sinha construíram prédios de cinco andares para estudo em escala real, através destes estudos obtiveram os cálculos de cargas e o que fazer para prevenir danos que podem ocorrer com a estrutura (MOHAMAD, 2007).

Segundo Mohamad (2007), a técnica para construção em alvenaria estrutural chegou apenas ao final da década de 1960 no Brasil, mas não existiam normas e regras de execução e dimensionamento deste sistema. Foram construídos edifícios em sua maior com quatro andares e nos três primeiros pavimentos utilizam blocos maciços por ter maior resistência e o bloco vazado no último pavimento.

De acordo com SILVA, (2013), mesmo com atraso da chegada do sistema construtivo em alvenaria estrutural no Brasil, ele se fixou bem nas construções como uma alternativa econômica e eficiente tanto para obras residenciais como as industriais.

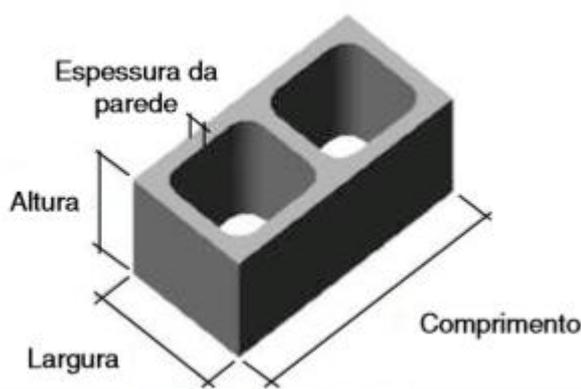
Graças ao aparecimento de centros de pesquisas a construção em alvenaria estrutural está ganhando cada vez mais espaço como um sistema racional e eficiente. Países como Inglaterra, Estados Unidos e Alemanha alcançaram patamares de cálculo, execução e controle muito próximos aos utilizados em estruturas de concreto armado e aço, (SILVA 2013).

### 2.2.1 Características dos blocos de concreto

Prudêncio et. al. (2002) fala que o bloco de concreto é produzido através da mistura de agregados, água e cimento portland. Sendo que as dimensões dos agregados não podem ultrapassar um quarto ( $1/4$ ) da menor dimensão da parede do bloco de concreto, estes agregados podem ser desde argila expandida, pedriscos, areia entre outros.

De acordo com a ABNT NBR 6136/2016 bloco de concreto são componentes para execução de alvenaria com ou sem função estrutural sendo que a área bruta seja de no mínimo 75%. Os blocos devem ser fabricados e curados garantindo um concreto suficientemente homogêneo e compacto. (Figura 3).

Figura 3 - Bloco vazado de concreto simples



Fonte: ABNT NBR 6136 (2016)

A norma NBR 6136/2016 tem especificações quanto ao dimensionamento dos blocos de concreto, ela exige um padrão de relação entre comprimento largura e altura de acordo com o tipo de bloco que será fabricado, para poder manter um padrão facilitando na hora de construir, abaixo segue o Quadro 2 com as dimensões definidas na norma.

Quadro 2 - Dimensões dos blocos de concreto

Família		20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	7,5 x 40	
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	390
		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	-
	NOTA 1 As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados nesta Tabela são de $\pm 2,0$ mm para a largura e $\pm 3,0$ 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. NOTA 3 As dimensões da canaleta <i>J</i> devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto.										

Fonte: ABNT NBR 6136 (2016)

Os blocos de concreto são definidos em três tipos de classe A, B e C de acordo com a norma NBR 6136/2016. Dentro desta classificação existem parâmetros que os definem para utilização estrutural ou vedação, sobre os fatores de definição teremos: resistência a compressão simples, absorção de água, análise dimensional e retração. Abaixo está o Quadro 3 com as diretrizes para cada uma das características mencionadas conforme a norma NBR 6136/2016.

Quadro 3 - Classificação dos blocos por classe

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial <sup>a</sup> MPa	Absorção %				Retração <sup>d</sup> %
			Agregado normal <sup>b</sup>		Agregado leve <sup>c</sup>		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8,0$	$\leq 9,0$	$\leq 8,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 9,0$			
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	$\leq 11,0$	$\leq 10,0$			

<sup>a</sup> Resistência característica à compressão axial obtida aos 28 dias.  
<sup>b</sup> Blocos fabricados com agregado normal (ver definição na ABNT NBR 9935).  
<sup>c</sup> Blocos fabricados com agregado leve (ver definição na ABNT NBR 9935).  
<sup>d</sup> Ensaio facultativo.

Fonte: ABNT NBR 6136 (2016)

Ainda de acordo com a classificação dos blocos de concreto a norma também estabelece tamanhos específicos para as paredes, conforme o Quadro 4.

Quadro 4 - Dimensão das paredes

Classe	Largura nominal mm	Paredes longitudinais <sup>a</sup> mm	Paredes transversais	
			Paredes <sup>a</sup> mm	Espessura equivalente <sup>b</sup> 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
Classe	Largura nominal mm	Paredes longitudinais <sup>a</sup> mm	Paredes transversais	
			Paredes <sup>a</sup> mm	Espessura equivalente <sup>b</sup> mm/m
C	115	18	18	135
	90	18	18	135
	65	15	15	113
<sup>a</sup> Média das medidas das paredes tomadas no ponto mais estreito. <sup>b</sup> Soma das espessuras de todas as paredes transversais aos blocos (em milímetros), dividida pelo comprimento nominal do bloco (em metros).				

Fonte: ABNT NBR 6136 (2016)

O fornecedor de blocos é responsável pelo atendimento às especificações contratuais e de Norma. Para auxiliar as construtoras na escolha dos blocos, existe o selo de qualidade fornecido pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) aos produtores qualificados.

Segundo Grandi (2002), existem muitas vantagens na utilização de blocos de concreto, em relação ao sistema construtivo tradicional com blocos cerâmicos. Algumas delas são:

- Aumento da produtividade;
- Caso a obra seja de alvenaria estrutural, irá dispensar de pilares e vigas;
- Diminuição do custo de obra;
- Menor produção de entulhos;
- Redução do custo de limpeza;
- Maior qualidade sem a necessidade de equipamentos caros;
- Maior velocidade na conclusão da obra;
- Padronização e nivelamentos perfeitos;

## **2.3 Fatores que influenciam no desempenho dos blocos de concreto**

### **2.3.1 Cura**

Ao se hidratar o cimento ocorre uma reação química dele com a água, ocasionando o início da pega que é a fase de endurecimento e ganho de resistência do concreto.

Nesta fase de endurecimento, as reações químicas são exotérmicas, ou seja, elas liberam calor, com o aumento da temperatura a água utilizada no concreto começa a se perder em forma de vapor, ocasionando uma maior retração do concreto gerando fissuras, levando a uma perda de resistência. Sendo assim o processo de cura é essencial para evitar ou diminuir a quantidade de água que se perde. O processo da cura irá evitar a perda de água para o ambiente, diminuindo a retração por secagem, deixando o concreto menor poroso e conseqüentemente mais resistente (MEHTA, 2008).

Segundo Neville (2013), uma hidratação inicial muito rápida forma um concreto mais poroso e provoca retração. Logo para conseguir diminuir está perda de água do concreto em sua fase inicial é necessário a cura úmida, sendo a primeira fase causadora da maior perda de água e intensifica as retrações e fissurar, sendo esta essencial para um bloco de boa qualidade.

### **2.3.2 Tempo de adensamento**

O adensamento de concreto consiste na movimentação do material em questão, tendo a finalidade de diminuir o número de vazios, bolhas de ar e excesso de água do interior da massa, de tal forma que se obtenha um concreto denso e compacto.

O correto adensamento do concreto evita que a mistura fique porosa e desuniforme, influenciando, justamente e diretamente, na durabilidade e resistência. Além disso, o nível de aderência e densidade aumenta com o bom adensamento do concreto, o que o torna ainda mais impermeável. Outra situação a se destacar diz respeito à diminuição da variação de volume, evitando o aparecimento de rachaduras e influenciando na qualidade final do produto, (MEDEIROS, 1994)

### 2.3.3 Teor de água e cimento

Um dos principais papéis de destaque na produção do blocos de concreto é a água, ela que ocasiona a reação do aglomerante dando a ele um ganho de resistência, por isso é necessário ser posto sua quantidade exata para a resistência que calculada, pois ela deverá envolver todos os grãos, conseguindo uma hidratação correta em toda a extensão do cimento.

Segundo Helene (1993), quando temos muita água na mistura, o excesso migra para a superfície pelo processo de exsudação. Deixa atrás de si vazios chamados de porosidade capilar. Esta porosidade prejudica a resistência do bloco aumentando sua permeabilidade e diminuindo a durabilidade e resistência. O fator A/C deve ser sempre o mais baixo possível, dentro das características exigidas para o bloco e da qualidade dos materiais disponíveis para a sua composição.

## 2.4 Parâmetros dos ensaios

Um dos principais parâmetros para uma construção em alvenaria estrutural é a resistência a compressão. Por este fator, esta característica torna-se a principal variável de controle do processo produtivo do bloco de concreto (MEDEIROS, 1994).

Já a característica de absorção de água através do bloco de concreto é um fator que tem relação com a porosidade do material e ocasiona uma influência direta na aderência da argamassa com o bloco de concreto (LIMA, 2009).

A relação das dimensões dos blocos de concreto se dá pelo fator de padronização, acarretando uma melhor trabalhabilidade na sua construção, pois não será necessário correção de erros por variação métrica e uma média de sua resistência a compressão que se dá não apenas pelos materiais, mas também pela espessura de suas paredes.

Os ensaios para determinação da análise dimensional, resistência a compressão e absorção de água, são feitos de acordo com os procedimentos na norma ABNT NBR 12118/2013, mas esta segue as diretrizes dos resultados na norma ABNT NBR 6136/2016, onde descreve todos os valores de referência de acordo com a classificação do bloco conforme a sua necessidade em utilização na construção civil conforme o Quadro 3, estes valores são os parâmetros para os ensaios que foram

feitos nos blocos de concreto das fábricas na região de Caratinga/MG, para determinar se estão em conformidade com a norma, assegurando, sua confiabilidade no produto.

### 3 METODOLOGIA

Neste trabalho foi feito um levantamento das principais fábricas na região de Caratinga/MG que produzem os blocos de concreto, pois quanto maior a produção da fábrica torna-se mais necessário o controle de qualidade do produto, sabendo que este terá uma maior abrangência e demanda para os clientes, afetando assim todo o local.

Foi visitado 3 fábricas nos limites da cidade e foram chamadas de fábrica A, B e C. Após a visita, foi adquirido os blocos de concreto prontos acima de 28 dias de cura para se iniciar os ensaios conforme a norma NBR 6136/2016 e NBR 12118/2013, confirmando assim a qualidade dos blocos. A quantidade de blocos adquiridos de cada fábrica vai de acordo com a produção, conforme o Quadro 5 da norma NBR 6136/2016 onde mostra que caso uma fábrica produza um lote com limite de até 5 mil blocos de concreto será utilizado 9 blocos para ensaio, sendo 6 para resistência a compressão e 3 para absorção de água e assim sucessivamente para os valores entre 5 mil e 10 mil e acima de 10 mil.

Quadro 5 – Determinação da quantidade de blocos para ensaio

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	Critério estabelecido em 6.5.1	Critério estabelecido em 6.5.2	
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 da 10 000	9 ou 13	9 ou 13	10	6	3

Fonte: ABNT NBR 6136 (2016)

#### 3.1 Ensaio de análise dimensional

Os blocos de concreto devem ter uma dimensão padronizada, pois assim facilita a sua trabalhabilidade, gera menos gastos para tentar alinhá-los e mantém o fator de resistência, sendo este ligado a espessura dos blocos. A norma NBR

6136/2016 determina as dimensões de altura, largura e comprimento dos blocos de concreto conforme o Quadros 2.

O procedimento para análise dimensional dos blocos de concreto foi em conformidade com a norma NBR 12118/2013. Foram feitas quatro medições sendo estas o comprimento, largura, altura e espessura da parede em cada face do bloco, conforme a norma foram feitas duas medições da espessura de cada parede longitudinal, uma da mísula e mais uma medida da parede transversal. O aparelho utilizado para a medição foi o paquímetro.

### 3.2 Ensaio de resistência à compressão

Para realização do ensaio de resistência a compressão os blocos de concreto que foram obtidos em fábrica devem ter seu período de fabricação de 28 dias para proceder com o teste. Os blocos de concreto foram levados ao laboratório da Faculdade Doctum de Caratinga, após obter os resultados individuais do ensaio é realizado uma equação para se obter o valor médio da resistência a compressão, a norma determina duas equações distintas, onde a determinação para qual será utilizada é se as fábricas conhecem ou não o desvio padrão de sua produção, neste artigo é utilizado a equação que não se sabe o desvio padrão.

O valor estimado da resistência característica à compressão ( $f_{bk,est}$ ) dos blocos de concreto do lote, referida à área bruta, sem o conhecimento do desvio padrão de fabricação das fábricas, deve ser estimado a partir da equação 1:

$$F_{bk,est} = 2 \left[ \frac{fb_1 + fb_2 + \dots}{i - 1} \right] - fb_i \quad (1)$$

Sendo:

$i = n/2$ , se for ímpar;

$i = (n - 1)/2$ , se for par;

Onde:

- $f_{bk,est}$  é a resistência característica estimada da amostra, expressa em megapascals;  $fb(1)$ ,  $fb(2)$ , ...,  $fb_i$  são os valores de resistência à compressão

individuais dos corpos de prova da amostra, ordenados crescentemente;

- n é igual à quantidade de blocos da amostra;

Não se deve tomar para  $f_{bk}$ , este valor menor que  $y \cdot f_b(1)$ , adotando-se para  $y$  os valores da Quadro 6, em função da quantidade de blocos da amostra.

Quadro 6 - Valores em função da quantidade de blocos

Quantidade de blocos	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18
$\psi$	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,04

Fonte: ABNT NBR 6136 (2016)

### 3.3 Ensaio de absorção de água

Este ensaio foi iniciado colocando os blocos de concreto dentro de uma estufa para secar com temperatura média entre 105°C e 110°C por 24 horas para perder toda a umidade. Encerrado o prazo, os blocos são pesados e anotados os valores e levados novamente a estufa por mais 2 horas, ao fim deste tempo, ele é pesado mais uma vez e o resultado é comparado com a anotação anterior, este procedimento é feito até que a variação dos valores encontrados não tenha variação de 0,5%. Confirmado a estagnação do resultado, os corpos de prova devem ser resfriados naturalmente (em contato com o ar) até a temperatura ambiente, deve-se imergi-los em água à temperatura de (18 à 28) C°, mantendo-os imersos por 24h. Ao final das 24h retira-se os blocos de concreto e deixe que sejam drenados por um período de 60s, passado o tempo pesa-se novamente o bloco obtendo o valor de  $m_2$ .

Os valores individuais de absorção de água, são obtidos pela Equação 2 abaixo:

$$A = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100 \quad (2)$$

Na qual:

M1 = Massa do tijolo seco em estufa

M2 = Massa do tijolo saturado

A = absorção de água, em porcentagem

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As fábricas da região de Caratinga trabalham com lotes menores que 5 mil, sendo assim a norma NBR 6136/2016 determina que para lotes abaixo de 5 mil, sejam utilizados 9 blocos de concreto para os ensaios, entre estes 6 blocos para o ensaio de resistência a compressão e 3 blocos para o ensaio de absorção de água, como mostra o Quadro 5.

### 4.1 Análise dimensional

Com os blocos de concreto, a primeira análise a ser feita de acordo com a norma NBR 6136/2016 é a análise dimensional, seguindo as dimensões já predefinidas que se encontra no Quadro 2.

Os blocos fornecidos nas fábricas, são os blocos com dimensão 20 x 40 cm, sendo os valores fornecidos pela norma com comprimento 39 cm, altura e largura 19 cm. Com a utilização do paquímetro os valores encontrados em todos os blocos de todas as fábricas estão de acordo com as especificações das normas, tendo pequenas variações em sua dimensão em 0,5 cm, sendo que a norma já determina que o valor aceitável pode-se ter variações de até 1 cm em qualquer uma das suas dimensões. Abaixo segue o Quadro 7 das dimensões de altura, largura e comprimento respectivamente encontradas de cada bloco referente a cada fábrica.

Quadro 7 – Resultado do ensaio de análise dimensional em mm (HxLxC)

Bloco	Fábrica A	Fábrica B	Fábrica C
1	190,5x190x391	191x190,05x390	190x191x390
2	190x191x390	190,5x190x391	190x190x390
3	191x190x390,5	190x191x390	190,5x190x391
4	190x191x390	191x190,05x390	191x190x390,5
5	190x190x390	190,5x190x391	190,5x190x391
6	190,5x190,5x390	190x190x390	191x190x390,5
7	190x191x390	191x190x390,5	190,5x190x391
8	190x190x390	190,5x190x391	190,5x190,5x390
9	190x190x390	190,5x190,5x390	191x190,05x390

Fonte: Autores (2019)

Após a confirmação da análise dimensional de cada bloco de concreto, se deu início a preparação dos próximos ensaios que foram de resistência a compressão e ensaio de absorção de água.

## 4.2 Resistência a compressão

Conforme o Quadro 5, ficou estabelecido um limite de 6 blocos de concreto de cada fábrica para o ensaio de resistência a compressão. Foi relacionado os valores encontrados individualmente dos blocos de concreto e o valor médio obtido através da Equação 1 respectivamente com as fábricas A, B e C. Abaixo está a Figura 4 do ensaio de resistência a compressão.

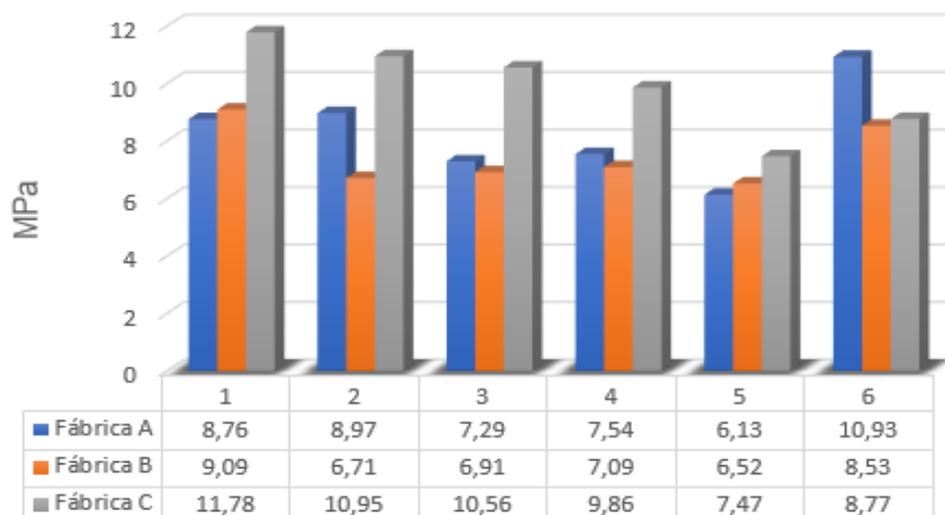
Figura 4 - Ensaio de resistência a compressão



Fonte: Acervo dos autores (2019)

Segue abaixo o gráfico dos valores individuais encontrados da resistência a compressão individual de cada bloco relacionado a fábrica, Figura 6.

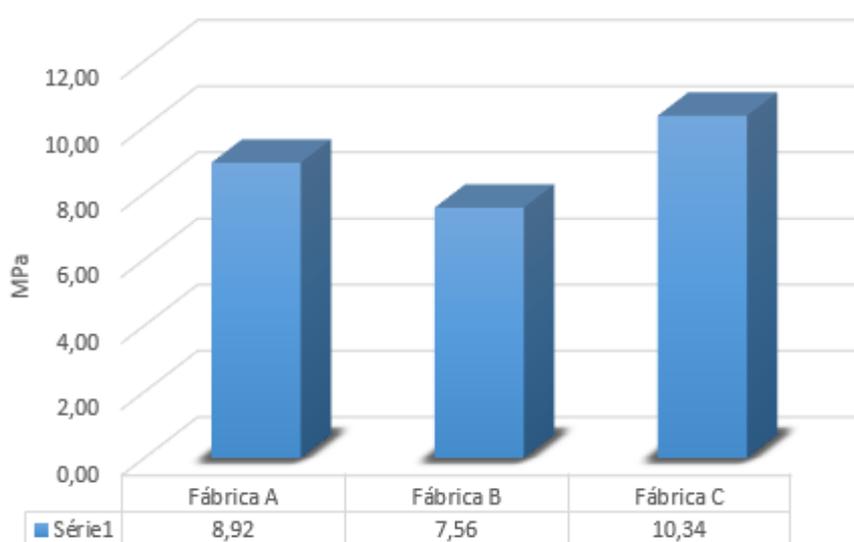
Figura 5 - Valores individuais de cada um dos blocos de concreto



Fonte: Autores (2019)

A norma NBR 6136/2013, determina duas formas para se obter o valor médio de resistência dos blocos de concreto, sendo que o que determina como será obtido é se a fábrica conhece ou não o seu valor de desvio padrão de fabricação dos blocos. Por se tratar de uma região menor e com menos controle de qualidade, nenhuma das 3 fábricas conheciam este valor, sendo assim foi utilizado a Equação 1 para se obter a resistência média dos blocos, Figura 7.

Figura 6 - Valores de média dos blocos de concreto à resistência a compressão



Fonte: Autores (2019)

Também foi feito o cálculo de desvio padrão da resistência dos blocos de concreto para determinar se estão próximos ou não da média calculada através da Equação 1, sendo assim o Quadro 8 mostra o desvio padrão de cada Fábrica.

Quadro 8 – Cálculo do desvio padrão dos blocos em Mpa

	Fábrica A	Fábrica B	Fábrica C
Desvio Padrão	1,67	1,07	1,57
Resistência média	8,92	7,56	10,34

Fonte: Autores (2019)

Como mostrado, a tendência central das médias dos valores é muito próxima, não havendo então grande divergência entre os resultados. De acordo com a norma NBR 6136/2013 as fábricas A e C estão classificadas na categoria A, onde o valor médio dos blocos de concreto após a aplicação da equação determina que a resistência a compressão média seja maior que 8, já a fábrica B a média dos seus blocos de concreto estão abaixo de 8 MPa sendo assim ficam na classificação B da norma de acordo com o Quadro 5.

### 4.3 Absorção de água

Em conformidade com a NBR 12118/2013 foi executado o ensaio para determinação de absorção de água dos blocos de concreto, seguindo o procedimento descrito e utilizando a Equação 2 para se obter os valores de porcentagem de cada bloco, abaixo está a Figura 7 demonstrando o início do ensaio de absorção de água onde os blocos de concreto foram colocados dentro da estufa pelo prazo de 24 horas para sua completa secagem, decorrido o tempo, cada bloco foi pesado e anotado o seu valor, foi colocados novamente na estufa por mais 2 horas e repetido o procedimento de pesagem e anotação até que a variação dos resultados fosse menor que 0,5%

Figura 7 – Blocos de concreto secos



Fonte: Acervo dos autores (2019)

A Figura 8 mostra os blocos de concreto submergidos no tanque de água por um período de 24 horas para realização do ensaio de absorção de água.

Figura 8 – Blocos de concreto submergidos



Fonte: Acervo dos autores (2019)

Ao retirar os blocos de concreto da água eles foram pesados, após obter todos os valores foi realizado a Equação 2 e os seus resultados são apresentados de acordo com o Quadro 9 abaixo.

Quadro 9 - Resultados individuais e médias dos blocos de concreto referente a absorção de água em %

Fábrica	Bloco	Valor Individual	Média
A	A1	12,31	11,58
	A2	10,76	
	A3	11,67	
B	B1	7,39	7,56
	B2	7,28	
	B3	7,99	
C	C1	7,13	6,98
	C2	6,78	
	C3	7,04	

Fonte: Autores, 2019

Com os resultados encontrados conforme o Quadro 9, foi declarado que a fábrica A está fora dos padrões impostos pela norma NBR 6136/2016, determinando para os valores de teor de umidade individual seja 9% e a média 8% conforme é mostrado no Quadro 5. Apenas as fábricas B e C estão dentro dos parâmetros adotados pela norma NBR 6136/2016.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo determinar e qualificar através de ensaios os blocos de concreto fabricados na região de Caratinga/MG, como forma de averiguar se estão dentro dos parâmetros estabelecidos por norma para serem utilizados em obras e não ocorrer nenhuma patologia futura por falta de qualidade.

Com relação a análise dimensional todas as 3 fábricas conseguiram manter a dimensão das amostras dos seus blocos de concreto dentro dos valores aceitáveis da norma NBR 12118/2013 que são:

Blocos de classe A:

- Resistência a compressão média maior que 8 Mpa;
- Absorção de água individual menor que 9% e média menor que 8%.

Bloco de classe B:

- Resistência a compressão média maior que 8 Mpa;
- Absorção de água individual menor que 10% e média menor que 9%.

E as dimensões para todas as classes de largura, altura e comprimento respectivamente 190x190x390 mm.

No ensaio de absorção de água as fábricas B e C estão dentro dos parâmetros das normas vigentes e os blocos da fábrica A foram rejeitados no ensaio de absorção de água, ultrapassando os valores limites definidos pela norma NBR 12118/2013, sendo assim necessário uma interrupção na fabricação e nas vendas do seu produto para não prejudicar os demais clientes.

No ensaio de resistência a compressão as 3 fábricas tiveram resultados dentro dos limites previstos pela norma NBR 6136/2016, mas mesmo os blocos de concreto das fábricas terem sido aprovados, é notado que eles não seguem um padrão de controle tendo variações individuais de até 63% como é o caso da fábrica C, o bloco 1 teve uma resistência a compressão de 11,78 MPa e o bloco 5 foi de 7,47 MPa, na equação para se obter a média, todas as fábricas obtiveram êxito e o valor de desvio padrão confirmou não haver grande variação da média, mas ainda assim comprova uma não linearidade individual entre os valores de resistência a compressão dos blocos de concreto.

Como mostrado é notável a falta de conhecimentos de ordem técnica nos processos de dosagem e controle sobre a produção dos blocos de concreto, sendo

necessário profissionais capacitados para averiguarem e manter dentro dos padrões aceitos pelas normas os blocos de concreto fabricados, gerando assim não um gasto para a fábrica mas uma economia, tanto pelos blocos que foram perdidos por estarem fora dos parâmetros como também manter uma dosagem padrão não havendo perda por excesso.

Uma sugestão para trabalhos futuros é a realização de ensaios para determinar o desempenho de isolamento acústico e isolamento térmico dos blocos de concreto.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6136: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria - Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6467: Agregados - Determinação do inchamento de agregado miúdo - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11578: Cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12118. Bloco vazado de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro, 2015.

ADÃO, F. X.; HEMERLY, A. C. Concreto Armado: novo milênio. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2010.

ANDOLFATO, R. P.; CAMACHO, J.; MAURÍCIO, R. M. Blocos de concreto: a busca de um traço otimizado. São Paulo, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. Guia básico de utilização do cimento Portland (BT – 106) 7.ed. São Paulo, 2002.

BAUER, L. A. F. Materiais de Construção. 5. ed. rev. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2015.

FUSCO, P. B. Tecnologia do concreto estrutural: tópicos aplicados. São Paulo: PINI, 2008

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. Tecnologia do Concreto 2.ed. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2013.

GRANDI, L. A. C. Alvenaria estrutural: a memória de um sistema construtivo. Prisma soluções com blocos de concreto, 5º Ed. Mandarim, São Paulo, 2002

HELENE, P.; ANDRADE, T. Concreto de Cimento Portland. IN: ISAIA, G. C. (Org) materiais de construção civil e princípios de ciência de engenharia de materiais. São Paulo: IBRACON, 2010.

HELENE, P.; TERZIAN, P. Manual de dosagem e controle do concreto. São Paulo: PINI, 1992.

LEONHARDT, F.; MÖNNIG, E. Construções de Concreto Vol.1. Rio de Janeiro: Ed.Interciência, 2008.

LIMA, A. J. M. Utilização de Resíduo de Pinus spp e materiais cimentícios alternativos na produção de blocos para alvenaria estrutural. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias). Curitiba, PR. Universidade Federal do Paraná (UFPR). 2009.

MEDEIROS, J. S. Blocos de concreto para alvenaria estrutural: avaliação de parâmetros básicos de produção. São Paulo, 1994.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais. São Paulo: IBRACON, 2008.

MOHAMAD, G. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. 1ª ed. IBRACON, São Paulo, 2007.

NEVILLE, A. M. Propriedades do Concreto 5.ed. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2016.

PETRUCCI, E. G. R. Concreto de Cimento Portland. 13. ed. rev. São Paulo: Ed. Globo, 1998.

PRUDÊNCIO J. L. R., OLIVEIRA, A.L., BEDIN, C.A. Alvenaria estrutural de blocos de concreto. 1ª ed. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

SILVA, L. B. Patologias em Alvenaria Estrutural: Causas e Diagnóstico. 2013. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juíz de Fora, 2013.

SOUZA, J. G. G. Contribuição ao estudo da relação entre propriedades e Proporcionamento de blocos de concreto – aplicação ao uso de entulho como agregado reciclado. Dissertação de mestrado, Brasília, 2001.

## APÊNDICE A

Cálculo do desvio padrão de cada fábrica

Fábrica A

$$\text{Média} = \frac{(8,76+8,97+7,29+7,54+6,13+10,93)}{6} = 8,27$$

Valor individual - Média

$$\text{Bloco 1} = 8,76 - 8,27 = 0,49$$

$$\text{Bloco 2} = 8,97 - 8,27 = 0,7$$

$$\text{Bloco 3} = 7,29 - 8,27 = -0,98$$

$$\text{Bloco 4} = 7,54 - 8,27 = -0,73$$

$$\text{Bloco 5} = 6,13 - 8,27 = -2,14$$

$$\text{Bloco 6} = 10,93 - 8,27 = -2,66$$

Resultado ao quadrado

$$\text{Bloco 1} = 0,49^2 = 0,24$$

$$\text{Bloco 2} = 0,7^2 = 0,49$$

$$\text{Bloco 3} = -0,98^2 = 0,96$$

$$\text{Bloco 4} = -0,73^2 = 0,53$$

$$\text{Bloco 5} = -2,14^2 = 4,58$$

$$\text{Bloco 6} = -2,66^2 = 7,08$$

$$\text{Somatório} = 0,24+0,49+0,96+0,53+4,58+7,08 = 13,88$$

$$\text{Equação} = 13,88 / 6 - 1 = 2,78$$

$$\text{Valor do desvio padrão} = \sqrt{2,78} = 1,67$$

Fábrica B

$$\text{Média} = \frac{(9,09+6,71+6,91+7,09+6,52+8,53)}{6} = 7,47$$

Valor individual - Média

$$\text{Bloco 1} = 9,09 - 7,47 = 1,62$$

$$\text{Bloco 2} = 6,71 - 7,47 = -0,77$$

$$\text{Bloco 3} = 6,91 - 7,47 = -0,57$$

$$\text{Bloco 4} = 7,09 - 7,47 = -0,39$$

$$\text{Bloco 5} = 6,52 - 7,47 = -0,96$$

$$\text{Bloco 6} = 8,53 - 7,47 = -1,06$$

Resultado ao quadrado

$$\text{Bloco 1} = 1,62^2 = 2,61$$

$$\text{Bloco 2} = -0,77^2 = 0,59$$

$$\text{Bloco 3} = -0,57^2 = 0,32$$

$$\text{Bloco 4} = -0,39^2 = 0,15$$

$$\text{Bloco 5} = -0,96^2 = 0,91$$

$$\text{Bloco 6} = -1,06^2 = 1,11$$

$$\text{Somatório} = 2,61+0,59+0,32+0,15+0,91+1,11 = 5,69$$

$$\text{Equação} = 5,69 / 6 - 1 = 1,14$$

$$\text{Valor do desvio padrão} = \sqrt{1,14} = 1,07$$

Fábrica C

$$\text{Média} = \frac{(11,78+10,95+10,56+9,86+7,47+8,77)}{6} = 9,89$$

Valor individual - Média

$$\text{Bloco 1} = 11,78 - 9,89 = 1,88$$

$$\text{Bloco 2} = 10,95 - 9,89 = 1,05$$

$$\text{Bloco 3} = 10,56 - 9,89 = 0,66$$

$$\text{Bloco 4} = 9,86 - 9,89 = 0,04$$

$$\text{Bloco 5} = 7,47 - 9,89 = -2,43$$

$$\text{Bloco 6} = 8,77 - 9,89 = -1,13$$

Resultado ao quadrado

$$\text{Bloco 1} = 1,88^2 = 3,54$$

$$\text{Bloco 2} = 1,05^2 = 1,11$$

$$\text{Bloco 3} = 0,66^2 = 0,44$$

$$\text{Bloco 4} = 0,04^2 = 0,00$$

$$\text{Bloco 5} = -2,43^2 = 5,90$$

$$\text{Bloco 6} = -1,13^2 = 1,27$$

$$\text{Somatório} = 3,54+1,11+0,44+0,00+5,90+1,27 = 12,26$$

$$\text{Equação} = 12,26 / 6 - 1 = 2,45$$

$$\text{Valor do desvio padrão} = \sqrt{2,45} = 1,57$$