



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA
CENTRO DAS CIÊNCIAS EXATAS E DAS TECNOLOGIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

JEFFERSON SANTOS BORBA LIMA

**INFLUÊNCIA DA CURA NO DESEMPENHO FÍSICO E MECÂNICO EM BLOCOS
DE CONCRETO ESTRUTURAL COMERCIALIZADOS NO MUNICÍPIO DE
BARREIRAS-BA.**

BARREIRAS-BA

2023

JEFFERSON SANTOS BORBA LIMA

**INFLUÊNCIA DA CURA NO DESEMPENHO FÍSICO E MECÂNICO EM BLOCOS
DE CONCRETO ESTRUTURAL COMERCIALIZADOS NO MUNICÍPIO DE
BARREIRAS-BA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Oeste da Bahia como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Ms. Kuelson Randello Dantas Maciel.

BARREIRAS-BA

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

S719 Lima, Jefferson Santos Borba.

Influência da cura no desempenho físico e mecânico em blocos de concreto estrutural comercializados no município de Barreiras-BA. / Jefferson Santos Borba Lima – 2023.

73f.: il.

Orientador: Prof. Ms. Kuelson Randello Dantas Maciel.

Monografia (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Civil.
Universidade Federal do Oeste da Bahia. Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias. Barreiras, BA, 2023.

1. Bloco de concreto. 2. Materiais de construção. I. Maciel, Kuelson Rândello Dantas. II. Universidade Federal do Oeste da Bahia - Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias. III. Título.

CDD 620.136

Biblioteca Central de Barreiras - UFOB

JEFFERSON SANTOS BORBA LIMA

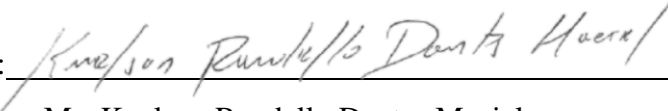
**INFLUÊNCIA DA CURA NO DESEMPENHO FÍSICO E MECÂNICO EM BLOCOS
DE CONCRETO ESTRUTURAL COMERCIALIZADOS NO MUNICÍPIO DE
BARREIRAS-BA.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Oeste da
Bahia como requisito parcial à obtenção
do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Ms. Kuelson Randello
Dantas Maciel.

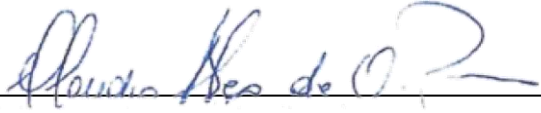
Aprovada em 26 de junho de 2023.

Banca Examinadora

Orientador: 

Ms. Kuelson Randello Dantas Maciel

UFOB - Universidade Federal do Oeste da Bahia



Ms. Claudio Alex de Oliveira Pires

UFOB - Universidade Federal do Oeste da Bahia



Dr. Elier Pavon De La Fe

UFOB - Universidade Federal do Oeste da Bahia

“Ao meu passado, eu devo o meu saber e a minha ignorância, as minhas necessidades, as minhas relações, a minha cultura e o meu corpo. Que espaço meu passado deixa pra minha liberdade hoje? Não sou escravo dele!”

(Simone de Beauvoir; Rita Lee)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me auxilia, me acompanha e me guia em todos os caminhos da minha vida. Também a Nossa Senhora, que cuida e protege como mãe.

Aos meus pais, Reinaldo e Natividade que me deram todo o suporte durante essa jornada, que sempre estiveram ao meu lado e nunca me deixaram faltar nada. Ao meu irmão Reinaldo Júnior pelo companheirismo de sempre. Também ao meu irmão Jônatas e à Jisane pelo suporte no início desse trajeto.

Ao meu orientador, Professor Ms. Kuelson Rândello Dantas Maciel, que acreditou no meu trabalho e me auxiliou em todo o desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao Daví por toda a amizade e companheirismo, pelo suporte emocional e por tudo que vivemos juntos. À Tallita por toda a amizade e ensinamentos durante todos os anos de graduação. Aos demais amigos e colegas que fiz na nesse tempo, representados nas pessoas de Luane, Priscila, Stefanie, Jaedson e Allyson. Sem vocês a jornada talvez não fizesse sentido.

À empresa e ao Engenheiro Rodolfo pela disponibilização dos blocos e dos materiais necessários para a realização de todo esse projeto.

À todos os meus professores, que tiveram papel importante na minha formação. Em especial à professora Maiara por acreditar em mim e me dar oportunidade na extensão; aos professores Cláudio e Elier por aceitarem participar da banca deste TCC e também ao professor Juarez por todas as ajudas no laboratório.

Seguindo a teoria que inicia uma música que eu gosto: “A gente faz um tanto de escolhas que ditam os caminhos da nossa vida. E depois que a gente morre, tem a oportunidade de olhar pra esses caminhos que poderiam ter existido se a gente tivesse feito escolhas diferentes, escolher um deles, voltar e viver! E aí a gente morre, volta, morre, volta... Sempre aprendendo uma coisa diferente. Com caminhos diferentes.”

Com isso, a todos que participaram ou participarão de quem eu sou e serei nessa vida, das minhas escolhas que já fiz e que farei e do caminho que escolhi pra seguir, mesmo que de forma pequena ou indireta, citados aqui ou não: Muito Obrigado!

RESUMO

O uso de blocos de concreto com função estrutural na alvenaria tem se tornado cada vez mais comum, devido às vantagens que oferece, como a redução de desperdícios e economia de materiais. Com o aumento do número de fabricantes nesse mercado, é importante avaliar se os blocos produzidos estão em conformidade com as normas vigentes. Este trabalho teve como objetivo analisar e comparar a influência da cura submersa e da cura ao ar livre em blocos de concreto estruturais com dimensões de 140x190x390mm, comercializados por uma empresa na cidade de Barreiras/BA, em relação às suas dimensões, características físicas e propriedades mecânicas. Os resultados mostraram que a cura submersa teve um impacto significativo no aumento da resistência à compressão dos blocos. Os blocos submetidos à cura submersa apresentaram uma resistência à compressão cerca de 11% maior em comparação aos blocos curados ao ar livre aos 28 dias, atingindo valores acima de 8 MPa, o que os classifica como blocos de classe A. Em relação às características físicas, a cura submersa resultou em uma absorção de água 12% menor, porosidade aparente 12% menor, absorção de água inicial 44% menor e teor de umidade 42% maior em comparação com a cura ao ar livre. Com isso a cura submersa influenciou nas propriedades físicas e mecânica dos blocos de concreto.

Palavras – chave: Bloco de concreto; Desempenho; Estrutural; Cura; Influência.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: FLUXOGRAMA DOS PROCESSOS.	32
FIGURA 2: CIMENTO UTILIZADO NA PRODUÇÃO DOS BLOCOS.....	33
FIGURA 3: ARMAZENAMENTO DA AREIA UTILIZADA NA PRODUÇÃO DOS BLOCOS.	34
FIGURA 4: ARMAZENAMENTO DO PÓ DE BRITA UTILIZADO NA PRODUÇÃO DOS BLOCOS.	34
FIGURA 5: ARMAZENAMENTO DO PEDRISCO UTILIZADO NA PRODUÇÃO DOS BLOCOS.	34
FIGURA 6: CONJUNTO DE PENEIRAS PARA AGREGADO MIÚDO.....	36
FIGURA 7: CONJUNTO DE PENEIRAS PARA AGREGADO MIÚDO.....	36
FIGURA 8: FRASCO DE CHAPMAN	37
FIGURA 9: COLOCAÇÃO DOS MATERIAIS NA MÁQUINA.	39
FIGURA 10: ELEVAÇÃO DO RECIPIENTE PARA O MISTURADOR.....	40
FIGURA 11: COLOCAÇÃO DOS MATERIAIS NO MISTURADOR DE CONCRETO. ...	40
FIGURA 12: MISTURADOR DE CONCRETO.....	40
FIGURA 13: PRENSA UTILIZADA PARA MOLDAGEM DOS BLOCOS DE CONCRETO.....	41
FIGURA 14: DESMOLDE DOS BLOCOS E CONFERÊNCIA DAS MEDIDAS.....	41
FIGURA 15: ARMAZENAGEM DOS BLOCOS.....	42
FIGURA 16: BLOCOS COBERTOS COM PLÁSTICO PRETO.....	42
FIGURA 17: TANQUE DE CURA SUBMERSA.....	43
FIGURA 18: BLOCOS EM CURA AO AR LIVRE.	43
FIGURA 19: BLOCO VAZADO DE CONCRETO SIMPLES.	44
FIGURA 20: BLOCO SOBRE OS APOIOS.	45
FIGURA 21: AMOSTRAS DOS BLOCOS ROMPIDOS NO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.	46
FIGURA 22: DETERMINAÇÃO DA MASSA ÚMIDA.	47
FIGURA 23: DETERMINAÇÃO DA MASSA IMERSA.	48
FIGURA 24: BLOCOS APÓS O PROCESSO DE CAPEAMENTO COM GESSO.....	49
FIGURA 25: PRENSA COM BLOCO DE CONCRETO.	50

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: DIMENSÕES NOMINAIS DOS BLOCOS DE CONCRETO.....	20
TABELA 2: ESPESSURA MÍNIMA DAS PAREDES DOS BLOCOS.....	21
TABELA 3: REQUISITOS BLOCOS DE CONCRETO.	22
TABELA 4: ESTUDOS DE AUTORES ACERCA DA CURA DO CONCRETO.	29
TABELA 5: CONJUNTO DE PENEIRAS SÉRIES NORMAL E INTERMEDIÁRIA.	35
TABELA 6: GRANULOMETRIA DA AREIA.	51
TABELA 7: GRANULOMETRIA DO PÓ DE BRITA	52
TABELA 8: GRANULOMETRIA DA MISTURA DOS AGREGADOS MIÚDOS	53
TABELA 9: GRANULOMETRIA DO PEDRISCO.	54
TABELA 10: COMPOSIÇÃO DA MISTURA DOS AGREGADOS DE ACORDO OS LIMITES DA CURVA DOS BLOCOS.....	56
TABELA 11: MASSA ESPECÍFICA DOS AGREGADOS MIÚDOS.....	57
TABELA 12: ANÁLISE DIMENSIONAL DOS BLOCOS.....	58
TABELA 13: AAI DO BLOCO COM CURA AO AR LIVRE.....	72
TABELA 14: AAI DO BLOCO COM CURA SUBMERSA.....	72
TABELA 15 ABSORÇÃO DE ÁGUA, TEOR DE UMIDADE E POROSIDADE DOS BLOCOS COM CURA AO AR LIVRE.	72
TABELA 16: ABSORÇÃO DE ÁGUA, TEOR DE UMIDADE E POROSIDADE DOS BLOCOS COM CURA SUBMERSA.....	72
TABELA 17: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 7 DIAS DOS BLOCOS COM CURA AO AR LIVRE.	73
TABELA 18: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 7 DIAS DOS BLOCOS COM CURA SUBMERSA.....	73
TABELA 19: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 14 DIAS DOS BLOCOS COM CURA AO AR LIVRE.	73
TABELA 20: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 14 DIAS DOS BLOCOS COM CURA SUBMERSA.	74
TABELA 21: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 28 DIAS DOS BLOCOS COM CURA AO AR LIVRE.	74
TABELA 22: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 28 DIAS DOS BLOCOS COM CURA SUBMERSA.	74

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: CURVA GRANULOMÉTRICA DA AREIA	52
GRÁFICO 2: CURVA GRANULOMÉTRICA DO PÓ DE BRITA.....	53
GRÁFICO 3: CURVA GRANULOMÉTRICA DA MISTURA.	54
GRÁFICO 4: CURVA GRANULOMÉTRICA DO PEDRISCO.....	55
GRÁFICO 5: CURVA GRANULOMÉTRICA DOS BLOCOS EM ESTUDO.	56
GRÁFICO 6: MÉDIA DOS VALORES DE ABSORÇÃO DE ÁGUA INICIAL PARA CADA TIPO DE CURA.	59
GRÁFICO 7: MÉDIA DOS VALORES DE ABSORÇÃO DE ÁGUA PARA CADA TIPO DE CURA.....	60
GRÁFICO 8: MÉDIA DOS VALORES DE TEOR DE UMIDADE PARA CADA TIPO DE CURA.	61
GRÁFICO 9: MÉDIA DOS VALORES DE POROSIDADE PARA CADA TIPO DE CURA.	62
GRÁFICO 10 RESISTÊNCIA MÉDIA À COMPRESSÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO-	63

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.2	JUSTIFICATIVA	13
1.3	HIPÓTESES	14
1.4	OBJETIVOS	14
1.4.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1	ALVENARIA.....	15
2.2	ALVENARIA ESTRUTURAL.....	15
2.3	BLOCO ESTRUTURAL DE CERÂMICA	16
2.4	BLOCO ESTRUTURAL DE CONCRETO.....	17
2.4.1	CLASSIFICAÇÃO	17
2.5	PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA COM FUNÇÃO ESTRUTURAL.....	18
2.5.1	PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO NO BRASIL	18
2.5.2	PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS	19
2.5.3	INSUMOS BÁSICOS EMPREGADOS NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO	24
2.5.4	CURA	27
2.5.5	ESTUDOS SOBRE CURA DO CONCRETO	28
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
3.1	PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	31
3.2	CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS	32
3.2.1	CIMENTO	32
3.2.2	AGREGADOS	33
3.2.3	ADITIVO	38
3.2.4	ÁGUA	38
3.3	PRODUÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO	39
3.3.1	DOSAGEM IN LOCO	39

3.3.2	PREPARO DA MISTURA	39
3.3.3	MOLDAGEM	41
3.3.4	CURA INICIAL E FINAL	42
3.4	ANÁLISE DIMENSIONAL	43
3.5	ABSORÇÃO DE ÁGUA INICIAL (AAI).....	44
3.6	ABSORÇÃO DE ÁGUA E TEOR DE UMIDADE	45
3.7	POROSIDADE APARENTE.....	47
3.8	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.....	48
4	RESULTADOS.....	51
4.1	CARACTERIZAÇÃO DAS MATERIAIS PRIMAS.....	51
4.1.1	GRANULOMETRIA	51
4.1.2	MASSA ESPECÍFICA.....	57
4.1.3	DOSAGEM	58
4.2	ANÁLISE DIMENSIONAL	58
4.3	ABSORÇÃO DE ÁGUA INICIAL	59
4.4	ABSORÇÃO DE ÁGUA E TEOR DE UMIDADE RELATIVA	59
4.5	POROSIDADE APARENTE.....	61
4.6	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS NA CURA AO LIVRE E NA CURA SUBMERSA 62	
4.7	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.....	63
	CONCLUSÃO.....	65
	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	67
	REFERÊNCIAS	68
	APÊNDICES	72

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O uso de alvenarias é bastante tradicional na história humana e é amplamente utilizado em diversos tipos de construção. A versatilidade deste sistema construtivo pode ser explicada pela diversidade de formas e a possibilidade de uso de diversos materiais para sua fabricação, como argila, areia e pedra (RAMALHO e CORRÉA, 2003).

Segundo Soares (2011), blocos de rocha eram utilizados inicialmente como elementos de alvenaria, mas a partir do ano 4000 a.C. a argila passou a ser trabalhada possibilitando a produção de tijolos. Todavia, esses processos não foram tão viáveis por muito tempo, pois era necessário realizar dimensionamentos exagerados com o objetivo de garantir a segurança estrutural da edificação.

Após o surgimento do cimento Portland, teve início a utilização dos blocos de concreto na alvenaria, quando se começou a produzir unidades grandes e maciças de concreto. Constituídos basicamente de Cimento Portland, agregados miúdos, agregados graúdos e água, os blocos de concreto facilitam as construções em alvenaria e estão, atualmente, disponíveis em quase todo o globo terrestre (SALVADOR FILHO, 2007).

1.2 JUSTIFICATIVA

Com a crescente tendência no uso de blocos de concreto com função estrutural no campo da construção civil no Brasil, também é possível notar essa mesma tendência na cidade de Barreiras. Considerando as possibilidades de se construir com blocos de concreto, bem como as opções de formas e modelos no mercado, é importante aprofundar os estudos e análises nos blocos disponíveis na cidade, a fim de manter um padrão das novas obras que vem a surgir.

Embora haja um controle da qualidade do bloco, estabelecido pela NBR 6136:2016 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos, alguns processos na fabricação ainda podem ser feitos de maneiras artesanais. Esses processos podem implicar em divergências em produtos do mesmo tipo e dimensões no mercado, o que justifica um estudo comparativo entre os blocos de concreto disponíveis no mercado e o quanto eles se aproximam do recomendado pela norma.

Considerando as condições climáticas de Barreiras, também é importante entender qual o melhor processo de cura para o bloco e a capacidade dos mesmos de absorverem água. Com a finalidade de comparar diferentes processos com o concreto, esse estudo pode avaliar a influência da cura na resistência à compressão, bem como auxiliar na prevenção de eventuais danos e patologias nas edificações.

1.3 HIPÓTESES

Como hipótese deste trabalho, os blocos de concreto estruturais com dimensões 140X190X390 mm produzidos por uma fábrica Barreiras/BA atendem às normas quanto à análise dimensional e, quando submetidos ao processo de cura submersa, apresentam um melhor desempenho físico e mecânico.

1.4 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência da cura nas propriedades físicas e mecânicas de blocos de concreto estruturais com dimensões 140X190X390 mm, da família 15x40, comercializados em uma empresa no Município de Barreiras/BA.

1.4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar in loco as dimensões dos blocos de concreto estruturais da família 15x40 comercializados em uma empresa na cidade de Barreiras/BA;
- Analisar a resistência à compressão dos blocos de concreto submetidos à cura submersa e cura ao ar livre aos 7, 14 e 28 dias;
- Analisar a absorção de água inicial, absorção de água, teor de umidade e porosidade dos blocos de concretos submetidos à cura submersa e cura ao ar livre aos 28 dias.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ALVENARIA

Alvenaria é um termo técnico da construção civil que denomina o conjunto de tijolos ou blocos, de vedação ou estrutural, que reunidos formam o fechamento de uma parede de uma edificação. Os elementos de alvenaria podem possuir função de vedação, função estrutural ou combinada de ambas, sendo capazes de suportar as intempéries e resistir às cargas atuantes da estrutura, desde que ligadas de maneira correta e com massa apropriada. (TAUIL & ALBERTO, 2010).

A alvenaria é um processo construtivo muito antigo, que data do início do século XIX. Os blocos de concreto para alvenaria foram idealizados pelos ingleses em 1832, onde ainda eram feitos de forma maciça, e foram patenteados pelos mesmos em 1850. Com o passar dos anos, esse processo apresentou evolução, tanto nos elementos de vedação quanto nos métodos de assentamento e se difundiu ao redor do mundo, sendo utilizados praticamente em todo o globo (FERNANDES, 2012).

O avanço no aperfeiçoamento dos elementos da alvenaria abriu um leque de possibilidades construtivas nesse segmento e, com os tipos diferenciados de blocos, ocorreu uma grande demanda de produção para atender o mercado da construção civil. Os tipos de blocos mais comuns são: bloco de concreto, bloco cerâmico, solo-cimento e bloco de gesso. (CICERI, 2016)

2.2 ALVENARIA ESTRUTURAL

A alvenaria estrutural é um tipo de sistema construtivo de alvenaria que visa tanto a vedação quanto a sustentação do edifício. Surgiu como forma de substituir o método convencional viga/pilar/laje de construção e, quando planejada, suportar todas as cargas acidentais e permanentes (TAUIL & ALBERTO, 2010). É um tipo de construção portante, onde as próprias paredes já têm a função estrutural.

Antes de adotar deste sistema para a construção, Ramalho e Corrêa (2003) destacam que é importante considerar alguns parâmetros, tais como a altura da edificação, sendo indicado para estruturas de até 16 pavimentos; arranjo arquitetônico e o tipo de uso da edificação, sendo não adequado para locais que exijam grandes vãos.

Dentre as principais vantagens desse meio construtivo, comparadas com o sistema construtivo convencional, podemos destacar: economia de fôrmas, redução dos revestimentos internos e externos, redução de desperdício de materiais e mão de obra e redução do número de especialidades. No entanto, alguns empecilhos deste sistema estão na dificuldade de adaptação na arquitetura do projeto para um novo uso, interferência na compatibilização entre projetos de arquitetura, instalações e estruturas, bem como a necessidade de uma mão de obra especializada. (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

Ainda segundo Ramalho e Corrêa (2003), os tipos de blocos mais usados na alvenaria estrutural são os blocos estruturais de cerâmica e os blocos estruturais de concreto e a escolha entre eles depende de vários fatores como propriedades, custo e número de pavimentos.

A modulação também é um ponto importante e fundamental na alvenaria estrutural. Ramalho e Corrêa (2003), estabelecem que a modulação na alvenaria estrutural tem como objetivo estabelecer dimensões e proporções uniformes para os elementos construtivos, de modo a garantir um encaixe adequado durante a montagem. Essa padronização traz benefícios significativos, como um melhor controle dimensional, redução de perdas de material, otimização do tempo de execução e maior precisão na construção.

No caso da espessura dos elementos, como os blocos, são estabelecidas medidas que sejam compatíveis com o sistema construtivo adotado. Essas medidas podem variar de acordo com as necessidades estruturais, as características dos materiais e as diretrizes do projeto. Geralmente, seguem um padrão baseado em múltiplos de uma unidade, como 10 cm, 15 cm, 20 cm, e assim por diante, proporcionando uma modulação coerente e facilitando a montagem. (TAUIL & ALBERTO, 2010)

2.3 BLOCO ESTRUTURAL DE CERÂMICA

As normas que regulamentam os blocos cerâmicos estruturais pela ABNT são a NBR 15270-2:2017 - Componentes cerâmicos parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural - Terminologia e Requisitos; e a NBR 15270-3:2017 - Componentes cerâmicos parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural - Métodos de ensaios.

A NBR 15270-2:2017, de modo geral, estabelece as características geométricas físicas, e mecânicas que os blocos cerâmicos para alvenaria estrutural devem apresentar e que devem ser analisados e exigidos pelo comprador no ato do recebimento. Os blocos apresentam furos prismáticos perpendiculares à face que os contêm, sendo assentados com os

furos na vertical. Esses blocos podem ser perfurados, de paredes vazadas ou de paredes maciças.

Ainda segundo a NBR 15270-1:2017, os blocos devem ser fabricados por conformação plástica de matéria-prima argilosa, contendo ou não aditivos, e queimado em elevadas temperaturas. Os blocos são comercializados em milheiro, devidamente identificados com as informações do produto e as letras EST (estrutural), e devem possuir boa aparência, não apresentando defeitos sistemáticos como quebras ou deformações.

Segundo Mohamad (2018), a propriedade fundamental do bloco cerâmico estrutural é a resistência característica à compressão, onde eles precisam atingir os requisitos mínimos de 3,0 MPa, estabelecidos pela NBR 15270-2:2017. Também é importante avaliar o índice de absorção de água, devendo ser superior a 8% e inferior a 22%. Outras características e ensaios variam de acordo às necessidades específicas, conforme cita a NBR 15270-3:2017.

2.4 BLOCO ESTRUTURAL DE CONCRETO

Segundo a NBR 6136:2016, um bloco de concreto vazado simples pode ser definido como um componente para execução de alvenaria com área líquida (área média da seção perpendicular aos eixos dos furos, descontadas as áreas médias dos vazios) igual ou inferior a 75% da área bruta (área da seção perpendicular aos eixos dos furos, sem desconto das áreas dos vazios), vazado nas faces superior e inferior e podendo ou não possuir função estrutural.

As normas que regulamentam os blocos de concreto pela ABNT são a NBR 6136:2016 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos e a NBR 12118:2014 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaios.

Segundo a NBR 6136:2016, os blocos são compostos por cimento, água, agregados e aditivos. As peças devem ser fabricadas e curadas de maneira adequada, devem apresentar boa aparência, possuir arestas vivas e livres de trincas ou outros defeitos. São comercializados em unidades e devem possuir a devida identificação do lote, em documento, e transportados, preferencialmente, cubados ou paletizados.

2.4.1 CLASSIFICAÇÃO

Segundo a NBR 6136:2016, os blocos podem ser divididos em três classes, classificando-os quanto à sua função, estrutural ou de vedação, e quanto ao seu uso, acima ou abaixo do nível do solo, sendo elas:

- Classe A: ($f_{ck} \geq 8,0$ MPa) possuem função estrutural e são usados para aplicação abaixo do nível do solo;
- Classe B: ($4,0 \text{ MPa} \leq f_{ck} < 8,0$ MPa) possuem função estrutural e são usados acima do nível do solo;
- Classe C: ($f_{ck} \geq 3,0$ MPa) podem ou não possuir função estrutural, com restrições.

2.5 PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA COM FUNÇÃO ESTRUTURAL

2.5.1 PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO NO BRASIL

Os registros históricos datam que os blocos de concreto começaram a ser utilizados no Brasil por volta de 1940, com a construção do conjunto habitacional de Realengo, na cidade do Rio de Janeiro, contendo o total de 2400 residências.

Segundo Barbosa (2004), foi em 1950 que as primeiras máquinas foram importadas dos Estados Unidos para a produção de blocos de concreto no país. Somente em 1968 se tem registro da primeira indústria de blocos de concreto fundada no Brasil, na cidade de São Paulo, denominada Reago. Mesmo com uma chegada tardia, o uso de blocos de concreto no sistema de alvenaria estrutural, acabou firmando-se como uma escolha econômica e eficiente, atendendo muito bem a execução de edifícios residenciais e também industriais. (PRUDÊNCIO JR et al. 2002)

Segundo Zanatta (2018), o bloco de concreto foi o primeiro tipo de bloco a possuir uma norma brasileira para cálculo de alvenaria estrutural. Porém, por apresentar muitos fornecedores, apresenta um problema recorrente de falta de qualidade.

Segundo Fernandes (2012), o bloco de concreto é o artefato mais fabricado no país, mesmo considerando a existência de muitas fábricas informais, que não cumprem os requisitos recomendados pela norma. Esses blocos fabricados na ilegalidade podem possuir um preço abaixo do veiculado no mercado, porém resultam em prejuízos maiores quando analisados à vista da edificação concluída, acarretando prejuízos para o construtor e para o consumidor final.

Segundo Buttler (2007), os concretos aplicados na produção dos blocos são de consistência seca, sendo um concreto levemente umedecido devido à menor quantidade de água empregada em seu processo de mistura. De acordo Frasson Júnior (2000), para esses concretos não é válida a lei de Abrams por possuírem abatimento zero, necessitando de

maquinário apropriado para retirada de ar aprisionado da mistura, conferindo compacidade ao bloco.

O desempenho das máquinas e do processo produtivo é essencial para que se alcance a resistência e as características desejadas. Hoje, o processo de fabricação dos blocos de concreto é altamente automatizado, utilizando de vibro-prensas eficientes, garantindo a qualidade final da produção, já que, segundo Buttler (2007), a resistência dos blocos é proporcional à energia de compactação utilizada na vibração.

O processo de fabricação dos blocos envolve a escolha, caracterização e dosagem dos materiais; a mistura e moldagem do concreto seco em moldes com as dimensões pré-estabelecidas pela NBR 6136:2016; compactação e vibração por máquinas automáticas e a cura, geralmente ao ar livre, e armazenamento até o momento da entrega dos blocos. (SOTO IZQUIERDO, 2011)

É importante garantir que o processo de produção dos blocos de concreto siga boas práticas de controle de qualidade, incluindo a correta dosagem dos materiais, a adequada mistura, a cura adequada e a realização de ensaios para verificar a resistência e a durabilidade dos blocos.

Para que os blocos de concreto atinjam níveis satisfatórios, é necessário que sejam analisados obedecendo aos requisitos e critérios estabelecidos na norma da ABNT NBR 12118:2013. Um bloco de boa qualidade deve apresentar uma boa aparência, bom acabamento superficial, uniformidade e formas adequadas, compacidade, isolamento termo acústico e cumprir, principalmente, em relação às dimensões, resistência à compressão e absorção de água.

2.5.2 PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

A fim de assegurar a qualidade do processo de alvenaria estrutural com blocos de concreto, é fundamental aderir às diretrizes estabelecidas pela norma NBR 6136:2016. Essa norma define os requisitos necessários para o uso e aceitação dos materiais utilizados na construção. Os blocos devem ser considerados aceitáveis quando atendem a todas as condições de exigência, que incluem avaliação visual, conformidade com as dimensões nominais e características físico-mecânicas em conformidade com os requisitos estabelecidos.

Os blocos vazados de concreto devem estar em conformidade com as dimensões especificadas na norma NBR 6136:2016. Além disso, devem atender aos limites estabelecidos para resistência à compressão e absorção de água. Vale ressaltar que a retração linear por

secagem não será abordada neste estudo. O cumprimento desses critérios é essencial para garantir a qualidade e adequação dos blocos de concreto vazados utilizados na construção.

Outras características físicas estudadas, mas não obrigatórias para a aceitação dos blocos de concreto, foram a absorção inicial de água, mais usualmente utilizado em blocos cerâmicos; o teor de umidade e a porosidade aparente.

2.5.2.1 ANÁLISE DIMENSIONAL

De acordo com a NBR 6136:2016, os blocos são de medidas modulares, que devem atender ao módulo básico de 100 mm e/ou seus sub-módulos. As dimensões dos blocos são expressas na ordem b x h x l, sendo, respectivamente, largura, altura e comprimento.

A análise dimensional segue as recomendações da NBR 12118:2013 e visa coletar as dimensões reais dos blocos, obtidas diretamente neles, e comparar com as dimensões nominais definidas na NBR 6136:2016, bem como as devidas tolerâncias (ver nota 1 da Tabela 1).

As dimensões nominais dos blocos são as especificadas pelos fabricantes e devem estar de acordo com a Tabela 1, que traz as dimensões modulares e sub-modulares dos blocos vazados de concreto (NBR 6136:2016). Mostrando também suas dimensões de acordo com cada família de bloco.

Tabela 1: Dimensões nominais dos blocos de concreto.

Família		20x40	15x40	15x30	12,5x40	12,5x25	12,5x37,5	10x40	10x30	7,5x40	
Medida Nominal (mm)	Largura	190	140		115			90		65	
	Altura	190	190	190	190	190	190	190	190	190	
	Comprimento	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	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 $\pm 2,0\text{mm}$ para a largura e $\pm 3,0\text{mm}$ 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 J devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto.

Fonte: Adaptada da NBR 6136:2016.

A Tabela 2 traz a espessura mínima de qualquer parede de bloco, sendo que a tolerância permitida nas dimensões das paredes é de 1,0mm para cada valor individual.

Tabela 2: Espessura mínima das paredes dos blocos.

Classe	Largura nominal (mm)	Paredes longitudinais ^a (mm)	Paredes transversais	
			Paredes ^a (mm)	Espessura equivalente ^b (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

^a Média das medidas das paredes tomadas no ponto mais estreito.

^b Soma das espessuras de todas as paredes transversais aos blocos (em milímetros), dividida pelo comprimento nominal do bloco (em metros).

Fonte: Adaptada da NBR 6136/2016.

A análise dimensional é um ensaio de importância significativa, mesmo sendo simples, pois contribui para evitar inconsistências no projeto e nas modulações estabelecidas, assegurando a segurança da edificação construída. Em seu estudo sobre os blocos de concreto fabricados em Manhuaçu-MG, França (2021) constatou que a maioria dos blocos analisados não estava em conformidade com as dimensões exigidas pela norma. Essa falta de controle na fabricação e na aprovação dos lotes pode resultar em problemas para o consumidor final, que pode ser obrigado a realizar adaptações e aumentar o desperdício de materiais na obra.

2.5.2.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

O ensaio de resistência à compressão visa determinar a capacidade do bloco de receber uma carga sem ocorrer a deformação excessiva ou a ruptura do mesmo. A norma que especifica esse ensaio é a NBR 12118:2013, que define a resistência à compressão como a “relação entre a carga de ruptura e a área bruta do corpo-de-prova, quando submetido ao ensaio de compressão axial”.

A Tabela 3 traz os requisitos físico-mecânicos, definidos pela NBR 6136:2016, quanto aos limites de resistência, absorção e retração linear por secagem, para cada classe dos blocos.

Tabela 3: Requisitos blocos de concreto.

Classificação	Classe	Resistência característica à Compressão axial ^a (MPa)	Absorção (%)				Retração ^d %
			Agregado normal ^b		Agregado leve ^c		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função estrutural	A	$f_{ck} \geq 8,0$	$\leq 8,0$	$\leq 6,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$
	B	$4,0 \leq f_{ck} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 8,0$			
Com ou sem função estrutural	C	$f_{ck} \geq 3,0$	$\leq 12,0$	$\leq 10,0$			

^a Resistência característica à compressão axial obtida aos 28 dias.

^b Blocos fabricados com agregado normal. (ver definição na ABNT NBR 9935).

^c Blocos fabricados com agregado leve. (ver definição na ABNT NBR 9935).

^d Ensaio facultativo.

Fonte: Adaptada da NBR 6136/2016.

2.5.2.3 ABSORÇÃO DE ÁGUA

Segundo Fernandes (2012), a absorção de água (AA) do bloco de concreto está diretamente relacionada com a porosidade do material e conseqüentemente a sua capacidade de absorver a água. Este ensaio também é definido pela NBR 12118:2013, que consiste em verificar a relação entre a massa de água contida no bloco saturado e a massa do bloco seco em estufa até a constância.

Lordsleem Júnior et Al. (2008), no estudo sobre os blocos de concreto em Recife-PE, verificaram que duas das três empresas estudadas, apresentaram blocos com o percentual de absorção de água de acordo o apresentado na norma, verificando que, provavelmente, esses blocos não terão aumento de carga quando expostos à chuva.

Já Scheifer e Callejas (2021) ao substituírem, 50% da areia por resíduos de construção civil (RCC), verificaram que os blocos apresentaram um percentual de AA cerca de 18% superior aos blocos somente com areia. Esse aumento se justifica devido à presença de materiais como cerâmica, gesso, argamassa, concreto e outros com maior porosidade que a areia utilizada.

2.5.2.4 TEOR DE UMIDADE RELATIVA

De acordo com a NBR 12118:2013, A umidade relativa dos blocos de concreto se refere à quantidade de água presente nos blocos em relação à sua capacidade máxima de retenção de água. A umidade relativa dos blocos pode variar de acordo com diversos fatores, como o teor de água adicionado na mistura, o tempo de cura e as condições ambientais.

A NBR 12118:2013 especifica que os blocos devem possuir um teor de umidade média:

- Entre 20% e 60% para blocos com resistência característica superior ou igual a 8 MPa;
- Entre 10% e 40% para blocos com resistência característica inferior a 8 MPa.

Se for constatado que a umidade média dos blocos está acima do valor especificado e a resistência atende aos requisitos, o ensaio poderá ser considerado válido. No entanto, caso a resistência não atinja o valor exigido ou a umidade dos blocos esteja abaixo do especificado, o ensaio será descartado.

É importante respeitar o teor de umidade dos blocos, pois este influencia na qualidade e na resistência dos blocos quando inferiores ou superiores ao especificado pela norma. PARSEKIAN et. al. (2021), ao analisarem a umidade dos blocos mantidos em diversos ambientes diferentes, verificaram que os blocos que apresentaram umidades elevadas, acima de 70%, quando ensaiados nessa condição, apresentaram resultados de resistência à compressão menores que os de blocos em condições ambientais usuais. Sendo necessário determinar expressões para corrigir a resistência a compressão em função da umidade do bloco no momento do ensaio.

2.5.2.5 POROSIDADE APARENTE

A porosidade dos blocos de concreto diz respeito à presença de espaços vazios ou poros no material. Conforme Neville (2013) existe uma relação entre a quantidade de poros, a relação água/cimento, a resistência mecânica e a absorção de água. Esses poros podem ser originados durante a produção dos blocos, especialmente devido à distribuição dos agregados e ao processo de cura.

A porosidade influencia diretamente as propriedades dos blocos, como a resistência, a absorção de água e a durabilidade. Observa-se que quando há uma maior compactação do concreto a quantidade de poros pode ser minimizada (NEVILLE, 2013).

Para a medição da porosidade aparente, foi adotada a norma ASTM C128:2015, uma vez que não há uma norma específica brasileira para essa determinação. A norma americana estabelece os procedimentos e métodos de ensaio para a determinação da porosidade em materiais de construção, incluindo blocos de concreto.

2.5.2.6 ABSORÇÃO DE ÁGUA INICIAL

A absorção de água inicial verifica se os blocos devem ou não ser umedecidos antes do assentamento para seu melhor desempenho. Esse procedimento é normatizado somente com blocos cerâmicos de acordo com a NBR 15270-3:2005; Componentes Cerâmicos - Parte 3: Blocos Cerâmicos para alvenaria estrutural e vedação- Métodos de ensaio.

Segundo a NBR 15270 (2005), caso o índice de absorção de água inicial (AAI) resulte superior a $(30 \text{ g}/193,55 \text{ cm}^2)/\text{min}$, os blocos devem ser umedecidos antes do assentamento para o seu melhor desempenho. Se o valor do AAI resultar menor que o limite mencionado, os blocos podem ser assentados sem ser previamente umedecidos.

Silva et al. (2006), ao realizar este ensaio com blocos cerâmicos de paredes maciças e paredes vazadas, observou que estes últimos possuem a AAI superior aos blocos de paredes maciças pelo fato de que os blocos de parede vazadas possuem maior área de faces verticais.

O estudo desse ensaio em blocos de concreto não é muito comum e, quando visto, serve apenas para efeito de comparação de características ou com outros materiais. Honório et. al (2010), ao estudar blocos cerâmicos e blocos de concreto de vedação, obteve como resultado do índice de absorção inicial de água para bloco de concreto de vedação de $10,3 \text{ g}/193,55\text{cm}^2/\text{min}$ e para um tipo de bloco cerâmico o valor de $15,68 \text{ g}/193,55\text{cm}^2/\text{min}$.

2.5.3 INSUMOS BÁSICOS EMPREGADOS NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO

2.5.3.1 CIMENTO

De acordo com informações fornecidas pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), o cimento é um material fino que resulta da pulverização do clínquer, obtido por meio da calcinação e clínquerização da mistura de calcário e argila. O cimento possui propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que reagem quimicamente na presença de água por meio da hidratação do cimento. Essa reação é responsável pelo desenvolvimento das propriedades de pega e pelo endurecimento do material.

Segundo a NBR 6136:2016, para a fabricação dos blocos, deverão ser utilizados cimentos que obedeçam às especificações brasileiras para cimentos: a ABNT NBR 16697:2018 - Cimento Portland – Requisitos. Esta norma foi criada em 2018, em substituição às antigas normas de cimento, unificando-as em um mesmo documento.

Os cimentos dos tipos CP II – E, CP II – F e CP II – Z, compostos com adição de Escória, Fíler calcário e pozolana, podem ser utilizados para a fabricação de blocos e

apresentam desempenho similar. Já os cimentos CP III e CP IV, que possuem altos teores de escória siderúrgica e de pozolana, possuem uma hidratação mais lenta e devem ser usados com maior cautela na produção de blocos, sendo indicados para obras em meio agressivo. (FERNANDES, 2012)

Ainda segundo o autor, o uso do cimento CP V ARI também é uma opção viável devido à sua resistência inicial superior em relação a outros tipos de cimento. Essa característica é benéfica para a produção de blocos que demandam um rápido desenvolvimento de resistência, proporcionando resultados satisfatórios no desempenho estrutural dos blocos de concreto.

2.5.3.2 AGREGADOS

Os agregados miúdos e graúdos devem estar de acordo com as recomendações especificadas na ABNT NBR 7211:2022 - Agregados para concreto – Requisitos. Os agregados são divididos de acordo com o tamanho dos grãos, definidos em agregado graúdo e miúdo, sendo a fronteira destas duas partes é a peneira de malha 4,75 mm. Onde os agregados miúdos passam pela peneira de malha 4,75 mm e ficam retidos na malha 0,15 e os agregados graúdos passam na peneira de malha 75 mm e ficam retidos na malha 4,75 mm no ensaio de peneiramento.

Os agregados utilizados na produção de blocos de concreto são areia, pó de pedra e pedrisco, sendo a areia e o pó de pedra os agregados miúdos e o pedrisco o agregado graúdo. É importante que estes sejam de boa qualidade, tendo grãos duros, compactos, duráveis e com menor grau de impurezas. Deve-se também se atentar também ao tipo, curva granulométrica e limpeza do material.

De acordo com a NBR 6136:2016, o uso de outros tipos de agregados não usuais, como escórias de alto forno, cinzas volantes ou outros agregados leves ou não, podem ser utilizados desde que o produto final atenda aos requisitos físico-mecânicos estabelecidos. Também é importante se atentar às dimensões máximas, formato e rugosidade do material, visto que a norma, destaca que a dimensão máxima característica do agregado não deve ultrapassar a metade da menor espessura da parede do bloco.

A composição dos agregados na mistura dos blocos é determinada com base na curva granulométrica ideal, que representa a distribuição percentual dos diferentes tamanhos de partículas dos agregados. A seleção da proporção de cada tipo de agregado na mistura é feita levando em consideração a granulometria específica de cada um.

A análise de granulometria envolve a avaliação da distribuição dos tamanhos das partículas presentes nos materiais secos. Isso é importante para garantir que a mistura seja composta por diferentes tamanhos de partículas, o que contribui para uma melhor compactação e resistência dos blocos.

A composição granulométrica pode ser definida como a distribuição do tamanho de partículas de determinado agregado, expressa em porcentagens acumuladas dos montantes retidos ou passantes de uma série de peneiras (WEIDMANN, 2008). O ensaio de peneiramento é realizado conforme prescrições da ABNT NBR NM 248:2003.

É importante também o cálculo do módulo de finura dos agregados para entender as características e particularidades dos mesmos. De acordo com Haddad et al. (2016), módulo de finura menor está associado a uma maior superfície específica do agregado, exigindo mais água para envolver todos os grãos e melhorar a consistência da argamassa. Além disso, Carasek (2007) menciona que a redução do módulo de finura também tem um impacto positivo na trabalhabilidade da argamassa, sendo importante para cada tipo de utilização do agregado.

2.5.3.3 ADITIVOS

O uso dos aditivos é permitido desde que não interfira nos requisitos físico-mecânicos que a norma estabelece para a produção de blocos de concreto. A norma que regulamenta o uso de aditivos é a ABNT NBR 11768-1:2019 - Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos.

Segundo a NBR 6136:2016, os aditivos utilizados na mistura não devem possuir substâncias com capacidade de causar a deterioração do concreto dos blocos ou de materiais próximos, seja por contato direto ou por dissociação dos íons.

Os aditivos utilizados no processo de fabricação dos blocos melhoram a trabalhabilidade do concreto, evitando acréscimo excessivo de água e lubrificam as partículas da mistura, melhorando a consistência e o grau de compactação. Consequentemente, os aditivos contribuem para o aumento da resistência das peças e diminuem os vazios do concreto. A quantidade de material utilizado no traço de concreto varia de acordo com a marca, geralmente de 1 a 3 ml por quilo de cimento. (FERNANDES, 2012)

Outras vantagens do aditivo consistem em proporcionar melhores acabamentos às peças e proporcionar melhora na coesão, garantindo a desforma e o transporte com menor número de quebras e defeitos, entre outras.

2.5.3.4 ÁGUA

A água desempenha um papel essencial no processo de fabricação dos blocos de concreto, pois está diretamente envolvida na hidratação do cimento. É importante que a água utilizada esteja livre de impurezas, uma vez que qualquer contaminante pode afetar a qualidade e resistência do bloco. (PRUDÊNCIO JR et al. 2002)

Ainda segundo o autor, a quantidade de água necessária na mistura varia de acordo com diversos fatores, como os materiais utilizados, o maquinário disponível e, em alguns casos, a habilidade da mão de obra da própria fábrica. É preciso encontrar um equilíbrio para garantir que a quantidade de água seja suficiente para promover a hidratação adequada do cimento, sem comprometer a trabalhabilidade da mistura.

É importante ressaltar que o controle da quantidade de água durante a fabricação dos blocos é fundamental para evitar problemas como segregação, baixa resistência e dificuldades na moldagem (PRUDÊNCIO JR et al. 2002). Portanto, é necessário adotar práticas adequadas e realizar testes de qualidade para garantir que a quantidade de água utilizada seja apropriada para cada caso específico de produção de blocos de concreto.

2.5.4 CURA

O processo de cura do bloco de concreto é bastante importante na produção dos mesmos. De acordo com Neville (2013), o objetivo da cura é manter o concreto saturado até que os espaços da pasta de cimento fresca sejam preenchidos pelos produtos de hidratação do cimento até uma condição desejável. A cura está diretamente relacionada com a quantidade de água presente na mistura do concreto, que deve atender a duas características, sendo elas a trabalhabilidade e a reação de hidratação do cimento. Considerando que parte da água será perdida na evaporação, é necessário ter um cuidado especial para que não aconteça muito rapidamente essa evaporação, evitando assim, tensões internas e possíveis fissuras na peça.

Para Fernandes (2012), a cura dos blocos consiste em fornecer condições ideais de umidade e temperatura para permitir o desenvolvimento completo da resistência das peças, assegurando o máximo endurecimento. Esse processo é essencial para garantir a durabilidade e a qualidade dos blocos de concreto.

Durante a cura, é importante controlar a umidade dos blocos, evitando sua rápida evaporação. Isso pode ser feito por meio de técnicas como a aplicação de água, uso de materiais de cobertura ou a criação de ambientes úmidos. A cura adequada dos blocos de concreto permite que o cimento realize a hidratação completa, fortalecendo a estrutura interna

dos blocos e proporcionando a resistência necessária para enfrentar as cargas e os desafios de uso durante a construção. (MEDEIROS, 1994)

Os processos convencionais de cura para o concreto e mais utilizados são o de molhagem com mangueira, aspersão de água, cobertura com lona plástica, saturação da umidade por meio de bicos aspersores pressurizados, entre outros. (FERNANDES, 2012).

A seguir, serão destacados dois tipos de cura para o concreto.

2.5.4.1 CURA SUBMERSA

De acordo com Bauer (2000), a cura submersa é considerada o método mais recomendado para o concreto devido às melhorias que proporciona em suas características. No entanto, esse método pode ser menos prático para uso diário. O autor ressalta que quanto mais longa e bem realizada for a cura do concreto, melhores serão suas propriedades.

O processo consiste essencialmente em manter os blocos completamente imersos em um tanque com água limpa, protegidos de agentes externos agressivos, até que a cura esteja completa.

2.5.4.2 CURA AO AR LIVRE

A cura ao ar livre é um método mais simples de ser realizada e não necessita de uma grande quantidade de recursos tecnológicos ou de alto valor agregado. É o método mais comum e é o método utilizado na fábrica de blocos estudada. Consiste no transporte e empilhamento dos blocos ainda frescos em um espaço de estocagem adequado, protegidos da exposição direta à luz solar, principalmente nas primeiras 24 horas após sua fabricação. (MEDEIROS, 1994)

2.5.5 ESTUDOS SOBRE CURA DO CONCRETO

Vários estudos têm abordado a influência da cura no concreto e suas diversas propriedades. Em um estudo realizado por Diniz et al. (2016), que investigou a influência da cura por imersão em concretos convencionais, foi observada uma diferença de aproximadamente 14% na resistência média entre o concreto submetido à cura submersa e o concreto submetido à cura ao ar livre após 70 dias.

LANSINI (2016) estudou sobre a influência da variação da temperatura de cura submersa do concreto em sua resistência, verificando um crescimento gradual da resistência do concreto submetido à temperatura de 25°C, ultrapassando o valor esperado aos 28 dias. Já

SILVA (2016), ao estudar sobre a influência da cura na resistividade elétrica do concreto, verificou-se que a cura garante uma melhor qualidade ao concreto e que os concretos com maior tempo de cura tendem a registrar maiores valores de resistividade elétrica.

GONÇALVES e ANTUNES (2017) estudaram sobre a viabilidade da substituição de parte do cimento Portland do traço do concreto por resíduo de esmalte cerâmico e o melhor processo de cura, sendo a substituição viável e a cura submersa a melhor opção na idade de 28 dias. Já OLIVEIRA (2015), comparou 2 traços diferentes, sob cura ao ar livre e cura submersa, e verificou que a cura submersa influencia positivamente nas propriedades físico-mecânicas dos blocos.

Na Tabela 4 é possível observar com mais detalhes os estudos realizados por alguns autores acerca da cura no concreto.

Tabela 4: Estudos de autores acerca da cura do concreto.

Autor (es)	Ano	Título	Resultados
DINIZ, Hugo Alessandro Almeida; MONTE JÚNIOR, Italo Vale; OLIVEIRA, Samuel Silva de; SOUZA, Kalina J. Marques de.	2016	Influência da Cura por imersão em concretos convencionais.	No comparativo entre a cura submersa do concreto e a cura ao ar livre de até 70 dias, observou-se que o aumento no ganho de resistência do concreto submerso até os 3 dias foi quase desprezível. A partir dos 7 dias houve aumento considerável, sendo as diferenças mais consideráveis nas idades de 50 e 70 dias com 15% e 24% de aumento respectivamente.
LANSINI, Bruno.	2016	Influência da Temperatura de cura na resistência à compressão do concreto.	Foi estudado o concreto em cura submersa às temperaturas de 5°C, 25°C e 60°C. O concreto curado em temperaturas baixas apresentou resistência à compressão pouco satisfatória, tanto para primeiras idades, quanto para 28 dias. A temperatura de cura de 25°C teve um crescimento gradual de resistência à compressão, ultrapassando os 40 MPa aos 28 dias. Para a temperatura de 60°C, a qual se viu um grande crescimento nas primeiras idades, notou-se que aos 28 dias houve um crescimento menor, não alcançando os 40 MPa esperados.

SILVA, Leandro Melo Andrade e.	2016	Resistividade Elétrica superficial do concreto: Influência da Cura.	Concretos com a mesma relação água/aglomerante, mas que sofreram processos de cura diferentes, quando analisados, foi possível verificar a influência da melhor qualidade da microestrutura sobre a resistividade do concreto. Os concretos com maior tempo de cura tendem a registrar maiores valores de resistividade elétrica.
GONÇALVES, Laura Milanez; ANTUNES, Elaine Guglielmi Pavei.	2017	Avaliação da influência de diferentes processos de cura em concreto com incorporação de resíduo de esmalte cerâmico	A substituição de 15% do cimento por resíduo de esmalte cerâmico nos concretos estudados, não causou significativa redução da resistência mecânica e durabilidade nos diferentes processos de cura. A cura submersa, aos 28 dias, apresentou uma maior resistência que o concreto de referência e foi o melhor dos métodos estudados pelas autoras nessa idade. A cura ao ar livre apresentou os menores valores.
OLIVEIRA, Vanessa de.	2015	Análise da resistência à compressão de blocos de concreto com função estrutural: um estudo de caso comparativo para os traços de 1:10 e 1:13 com cura submersa e ao ar livre.	Foram estudados dois traços de mistura. Para o traço 1, verificou-se que aos 28 dias houve um aumento de 14,32% da resistência média dos blocos com cura submersa comparado com os de cura ao ar livre. Já para o traço 2, com a mesma comparação, houve um aumento de 13,65%. Em ambos os traços a cura submersa resultou em um teor de umidade maior e uma absorção de água menor quando comparados aos blocos ao ar livre.

Fonte: Autor (2023).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

É de suma importância contar com uma metodologia consistente e adequada para o estudo dos blocos, a fim de garantir a coerência dos resultados e otimizar os processos envolvidos.

Os blocos analisados foram fabricados em uma empresa localizada em Barreiras-BA, especializada na produção de diversos tipos de blocos e canaletas de concreto. Um total de 30 blocos foi produzido e, após um período de 24 horas, foram transportados para o laboratório de materiais de construção da Universidade Federal do Oeste da Bahia - UFOB.

Dos blocos coletados, 15 foram submetidos à cura submersa em um tanque, enquanto os outros 15 foram submetidos à cura ao ar livre. Foram realizados ensaios de resistência à compressão aos 7, 14 e 28 dias, e, após 28 dias, foram conduzidos ensaios de absorção de água, absorção de água inicial, teor de umidade e porosidade aparente. Paralelamente aos ensaios físico-mecânicos, os agregados utilizados na mistura foram caracterizados por meio da análise granulométrica e da determinação da massa específica.

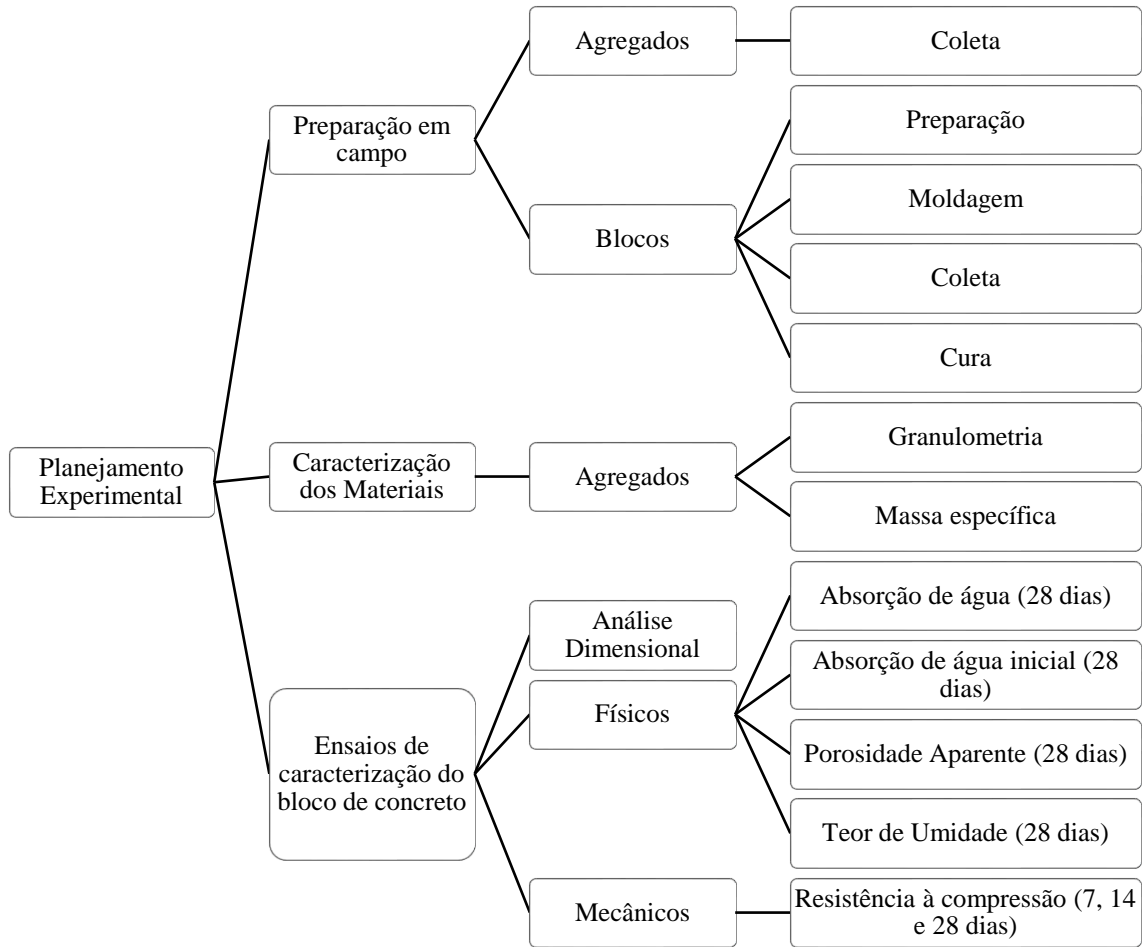
Essa metodologia permitiu a avaliação abrangente das propriedades dos blocos em diferentes condições de cura e idades, fornecendo informações relevantes para a análise e compreensão do desempenho desses materiais.

3.1 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para o estudo, foram selecionados os blocos estruturais com dimensões de 140x190x390mm, que são amplamente utilizados na região. Além desses, também foram coletadas as medidas dos demais blocos da família 15X40 produzidos pela fábrica, com o objetivo de realizar uma análise dimensional e verificar se estão de acordo com as especificações estabelecidas pela norma.

Na Figura 1, está esquematizado o processo de execução da pesquisa.

Figura 1: Fluxograma dos processos.



Fonte: Autor (2023).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS

Os materiais necessários para a produção dos blocos de concreto incluem cimento Portland, areia, pó de brita, pedrisco, água e aditivo. Antes de serem utilizados, esses materiais passaram por uma análise de granulometria e a determinação da massa específica.

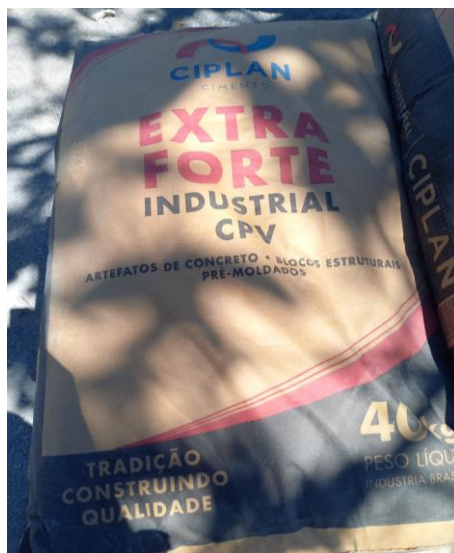
Essas análises permitem garantir que os materiais utilizados na produção dos blocos de concreto atendam às especificações e os requisitos técnicos necessários conforme a NBR 6136:2016 e a NBR 12118:2014, proporcionando assim a qualidade e desempenho esperados dos blocos.

3.2.1 CIMENTO

O cimento utilizado para a fabricação dos blocos foi o CP V ARI, cimento Portland de alta resistência inicial da Ciplan Cimentos, em sacos de 40kg, que a fábrica recebe

periodicamente e o armazena em depósito. A Figura 2 mostra o cimento utilizado na confecção dos blocos.

Figura 2: Cimento utilizado na produção dos blocos.



Fonte: Autor (2023).

De acordo com as informações obtidas na embalagem do produto e no site do fabricante, é fabricado de acordo com a NBR 16697:2018. É composto por sulfatos de cálcio, clínquer, material pozolânico e material carbonático. Possui massa específica de $3,1 \text{ g/cm}^3$. É indicado também para execução de artefatos de concreto e pré-moldados. Ainda segundo o fabricante, proporciona segurança, estabilidade e maior produtividade em obras que necessitem de agilidade na liberação e desforma rápida.

De acordo com os resultados dos ensaios físicos, obtidos no site do fabricante, a resistência à compressão aos 1, 3, 7 e 28 dias são iguais ou superiores a 14, 24, 34 e 46 MPa, respectivamente. Já o tempo de início de pega é igual ou superior a 1 hora e o tempo de fim de pega igual ou superior a 3 horas.

3.2.2 AGREGADOS

➤ AREIA

A areia utilizada na fabricação dos blocos é proveniente da cidade de Barreira-BA e é armazenada no próprio local de fabricação, a céu aberto, conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3: Armazenamento da areia utilizada na produção dos blocos.



Fonte: Autor (2022).

➤ PÓ DE BRITA

O pó de brita utilizado é proveniente de uma usina de britagem da região de Barreiras-BA, conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4: Armazenamento do pó de brita utilizado na produção dos blocos.



Fonte: Autor (2022).

➤ MISTURA DOS AGREGADOS MIÚDOS

Para fins de estudo, os agregados miúdos foram misturados, na proporção de 2 unidades de medida de pó de brita para 1 unidade de areia, proporção esta utilizada pela fábrica na produção dos blocos.

➤ PEDRISCO

O pedrisco utilizado para os blocos é proveniente da mesma usina do pó de brita e é armazenado ao ar livre, assim como os demais agregados, como mostra a Figura 5.

Figura 5: Armazenamento do pedrisco utilizado na produção dos blocos.



Fonte: Autor (2022).

3.2.2.1 GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS

O ensaio de peneiramento é realizado conforme prescrições da ABNT NBR NM 248:2003, e as peneiras utilizadas são classificadas em série normal e intermediária. Na Tabela 5 são apresentadas estas séries com as respectivas aberturas nominais de cada peneira, também de acordo com a ABNT NBR NM 248:2003.

Tabela 5: Conjunto de peneiras séries normal e intermediária.

Série Normal	Série Intermediária
75 mm	-
-	63 mm
-	50 mm
37,5 mm	-
-	31,5 mm
-	25 mm
19 mm	-
-	12,5 mm
9,5 mm	-
-	6,3 mm
4,75 mm	-
2,36 mm	-
1,18 mm	-
600 µm	-
300 µm	-
150 µm	-

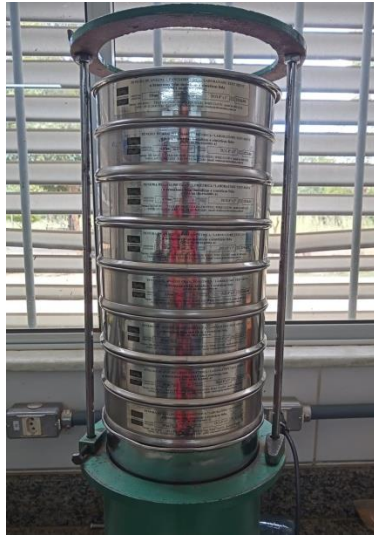
Fonte: Adaptada da NBR NM 248:2003.

Na classificação granulométrica, foi determinante também o módulo de finura e a dimensão máxima característica dos agregados. O módulo de finura (MF) dos agregados foi calculado a partir da soma das porcentagens retidas acumuladas nas peneiras da série normal, dividida por 100. Já a dimensão máxima (DM), corresponde à dimensão na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa.

Para o ensaio de granulometria dos agregados miúdos (Areia e Pó de Brita) e da mistura deles, foram usadas as peneiras do laboratório de materiais da Universidade Federal do Oeste da Bahia. Inicialmente pesaram-se as amostras, sendo 392,90g de areia, 1,04 kg de pó de brita e 1,03 kg da mistura de areia com o pó de brita.

Posteriormente, montou-se o conjunto de peneiras da série normal para agregado miúdo, sendo elas: 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm, com tampa e fundo; em ordem decrescente de cima para baixo. Em seguida, as peneiras já organizadas foram dispostas no agitador e as amostras foram agitadas por 3 minutos. Por fim, aferiu-se o peso do material retido em cada uma das peneiras e no fundo.

Figura 6: Conjunto de Peneiras para agregado miúdo.



Fonte: Autor (2023).

O processo para a granulometria do agregado graúdo, sendo este somente o pedrisco, foi semelhante ao do agregado miúdo, tendo alteração apenas nas peneiras utilizadas e na massa inicial, respeitando a NBR NM 248:2003. Fez-se uso do conjunto de peneiras para agregado graúdo, sendo elas 19,1mm, 15,9mm, 12,7mm, 9,5mm, 6,35 mm e 4,76 mm. Foi pesada uma amostra de 3,2 kg de pedrisco para a realização desse ensaio.

Figura 7: Conjunto de Peneiras para agregado graúdo.



Fonte: Autor (2023).

3.2.2.2 MASSA ESPECÍFICA

De acordo a NBR NM 52:2009 - Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água., a massa específica é a relação entre a massa de um material seco e o seu volume, incluindo os poros permeáveis à água. Essa medida é importante para determinar a quantidade correta de cada material a ser utilizado na mistura, garantindo a proporção adequada e a qualidade dos blocos produzidos.

➤ **Agregado Miúdo:**

Para a determinação da massa específica das areias, do pó de brita e da mistura dos dois, foi utilizado o frasco de Chapman (Figura 8), no qual foi colocado um volume inicial de 200 ml de água e um valor de 500g de cada agregado miúdo por ensaio, fazendo assim a água subir no gargalo do frasco até certa marca, a qual foi analisada e anotada. Assim, a massa específica aparente do agregado miúdo seco foi determinada pela equação 01 (retirada da NBR NM 52:2009 - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente.).

$$d_1 = \frac{m}{v-v_A} \quad (01)$$

Onde:

d_1 = Massa específica aparente do agregado seco, em g/cm³;

V_a = Volume de água adicionada ao frasco, em g;

V = Volume final, do agregado mais água, em g;

m = Massa da amostra, em g.

Figura 8: Frasco de Chapman



Fonte: Autor (2023).

➤ **Agregado Graúdo:**

Inicialmente foi pesada a amostra de 3,0 kg do pedrisco, respeitando a NBR NM 53:2009. O agregado foi submerso em água à temperatura ambiente num período de no mínimo 24 horas, após isso, foi retirado da água e envolvido em um pano absorvente até que toda água visível fosse eliminada, ou seja, até que o brilho da água seja eliminado da superfície, mesmo que a superfície das partículas se apresentem úmidas.

Imediatamente após ser enxuta ela foi pesada. Depois, a amostra foi colocada no recipiente, submerso em água e pesada novamente. Após, a amostra foi colocado em estufa a uma temperatura média de 105°C e pesada após o período de 24h. Com os resultados, será utilizado a Equação 02 para determinar a massa específica do agregado seco, de acordo a NBR NM 53:2009.

$$d = \frac{m_{seca}}{m_s - m_A} \quad (02)$$

Onde:

d = massa específica do agregado seco, em g/cm³;

m_s = massa ao ar da amostra na condição saturado superfície seca, em g;

m_A = massa em água da amostra, em g;

m_{seca} = massa ao ar da amostra seca, em g.

3.2.3 ADITIVO

O aditivo utilizado pela fábrica foi o “Plastkem 10”, da empresa Novakem, com característica de ser um aditivo plastificante, para uso em concreto seco, isento de cloretos e pronto para uso. O mesmo deve ser diluído na água de amassamento, promovendo a redução de água na mistura com conseqüente ganho de resistência à compressão da peça.

O volume de aditivo utilizado foi de 100 ml em cada traço produzido. De acordo com a ficha técnica do produto, disponibilizada pelo fabricante, é recomendado se utilizar de 0,1 a 0,5% do aditivo sobre o peso do cimento. Como foram utilizados 40 quilos de cimento em cada traço, a adição final equivale a 0,25% de aditivo.

3.2.4 ÁGUA

A água utilizada nas instalações da fábrica para mistura e cura dos blocos é proveniente do sistema de abastecimento da cidade de Barreiras-BA. Para facilitar o processo de mistura, a água de amassamento é transferida para uma caixa d'água próxima ao misturador, permitindo um manuseio mais prático e eficiente.

3.3 PRODUÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO

3.3.1 DOSAGEM IN LOCO

A dosagem do material, in loco, é realizada com o auxílio de carrinho de mão, nivelado, com capacidade para 60 litros. Sendo utilizadas para o processo de fabricação de blocos de concreto estrutural:

- Cimento: 1 saco – 40kg;
- Areia: 1 medida do carrinho;
- Pedrisco: 1 medida do carrinho;
- Pó de brita: 2 medidas do carrinho;
- Água: 20 litros;
- Aditivo: 100 ml (diluídos na água).

3.3.2 PREPARO DA MISTURA

Inicialmente, os insumos foram colocados, de forma manual no recipiente da máquina (Figura 9), aonde este vai para o misturador, localizado no nível acima, através do sistema de elevador da própria máquina (Figura 10). Os materiais são entornados para o misturador de concreto (Figura 11), com auxílio manual, assim como demais processos desta fábrica.

Figura 9: Colocação dos materiais na máquina.



Fonte: Autor (2022).

Figura 10: Elevação do recipiente para o misturador.



Fonte: Autor (2022).

Figura 11: Colocação dos materiais no misturador de concreto.



Fonte: Autor (2022).

Figura 12: Misturador de concreto.



Fonte: Autor (2022).

Após o agregar o cimento aos agregados no misturador (Figura 12), a água necessária para a mistura começou a ser inserida de forma manual, com auxílio de baldes, posterior a isso foi adicionado o aditivo, diluído em parte do líquido.

3.3.3 MOLDAGEM

Passado o tempo necessário para se obter uma mistura homogênea, a mesma foi liberada para a vibro prensa de blocos (Figura 13), que se localiza abaixo do misturador, onde os mesmos foram moldados.

Figura 13: Prensa utilizada para moldagem dos blocos de concreto.



Fonte: Autor (2022).

A moldagem dos blocos ocorreu na prensa e foi realizada acima das tábuas preparadas para essa finalidade. Os blocos foram desmoldados na hora, sendo essa uma das principais características do concreto seco, e o operador realizou a conferência das medidas da primeira remessa de blocos (Figura 14), a fim de corrigir qualquer possível problema que possa vir a ocorrer com a máquina que comprometa as dimensões dos blocos.

Figura 14: Desmolde dos blocos e conferência das medidas.



Fonte: Autor (2022).

Após o desmolde, as tábuas que servem de suporte foram transportadas, com auxílio de carrinhos específicos e armazenadas em uma área aberta (Figura 15), preferencialmente na sombra, esperando o tempo necessário para se realizar a primeira molhagem das peças.

Figura 15: Armazenagem dos blocos.



Fonte: Autor (2022).

3.3.4 CURA INICIAL E FINAL

Após cerca de 1 hora do desmolde dos blocos e um pequeno ganho de resistência, houve uma molhagem manual dos blocos com auxílio de mangueira. Em seguida, os blocos foram cobertos com material plástico para garantir uma melhor cura dos mesmos, conforme a Figura 16. Somente após um intervalo de aproximadamente 24 horas nestas condições é que os blocos foram retirados e levados para os locais de cura estudados.

Figura 16: Blocos cobertos com plástico preto.



Fonte: Autor (2022).

Após 24 horas, os materiais foram transportados para o laboratório de materiais de construção da Universidade Federal do Oeste da Bahia. Metade dos blocos coletados foi

disposta no tanque de cura submersa (Figura 17) e a outra metade foi armazenada sob a bancada, para a cura ao ar livre (Figura 18). Os blocos ficam nestes locais até um dia antes da idade de seus rompimentos, pois precisam ser preparados para o procedimento.

Figura 17: Tanque de cura submersa.



Fonte: Autor (2022).

Figura 18: Blocos em cura ao ar livre.



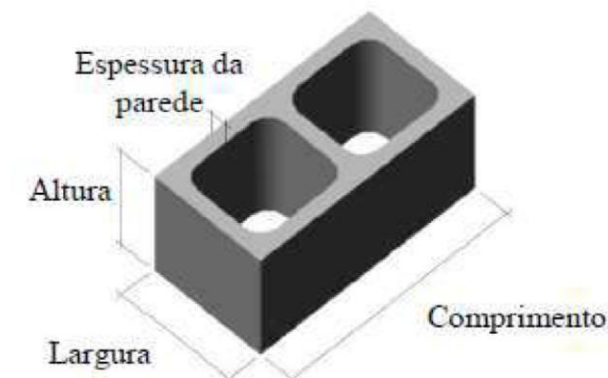
Fonte: Autor (2022).

3.4 ANÁLISE DIMENSIONAL

Para o procedimento, se faz necessário seguir as orientações da NBR 12118:2013, que recomenda retirar pelo menos três determinações das medidas dos blocos estudados, entre elas comprimento, largura, altura e espessura das paredes transversais e longitudinais, e compará-las com as medidas determinadas na norma.

Foram separadas três amostras de cada tipo de bloco da família 15x40, produzidos pela fábrica: inteiro, meio-bloco, amarração “L” e amarração “T”. Destas amostras, foram retiradas três medidas do comprimento, largura e altura de cada uma das peças, sendo feita a média entre elas. Para as paredes transversais e longitudinais também foram coletadas três medidas na metade de cada parede e retirada a média das medidas coletadas.

Figura 19: Bloco vazado de concreto simples.



Fonte: NBR 6136:2016.

Os dados foram comparados com as dimensões apresentadas nas Tabelas 1 e 2, retiradas da NBR 6136:2016. Como resultado da análise, também foi calculada a espessura equivalente mínima (e_{eq}) dos blocos, expressa segunda a equação 03.

$$e_{eq} = \frac{\sum e_{ti}}{l_{real}} \quad (\text{Eq. 03})$$

Onde:

e_{eq} = espessura equivalente mínima, em milímetros/metro;

e_{ti} = espessura das paredes transversais dos blocos, em milímetros;

l_{real} = comprimento real do bloco, em metros;

As medidas serão consideradas dentro dos limites se estiverem nos intervalos de $\pm 2,0$ mm para largura e $\pm 3,0$ mm para altura e comprimento. Já a tolerância permitida para as paredes é de $\pm 1,0$ mm.

3.5 ABSORÇÃO DE ÁGUA INICIAL (AAI)

Para este ensaio, utiliza-se dos mesmos procedimentos para blocos cerâmicos, obtidos na NBR 15270:2005. Vale ressaltar que os procedimentos descritos a seguir são normatizados especificamente para blocos cerâmicos. No entanto, neste trabalho, foram utilizados esses

procedimentos com o objetivo de verificar o comportamento dos blocos de concreto e a influência dos métodos de cura neles. De forma sucinta, o processo do ensaio é:

- Secar as amostras em estufa a uma temperatura de aproximadamente 105° por pelo menos 24 horas, aguardar 2 horas para resfriamento em temperatura ambiente e pesar as amostras, anotando suas massas (m_i);
- Preparar o recipiente com os apoios metálicos e acrescentar água até que o nível da lâmina d'água se eleve acima dos apoios em cerca de 3 mm (Figura 20);
- Levar o bloco aos apoios e disparar o cronômetro no momento em que a amostra tocar os apoios, retirá-lo após 60 segundos e secar sua face para retirar o excesso de água;
- Determinar a massa final do corpo de prova (m_f), em até 30 segundos após sua retirada da água.

Com os valores obtidos através do procedimento descrito, foi possível encontrar a absorção de água inicial a partir da equação 04.

$$AAI = 193,55 * \frac{(m_f - m_i)}{\text{área}} \quad (\text{Eq. 04})$$

Onde:

AAI = índice de absorção de água inicial da face ensaiada dos blocos, em (g/cm²)/min;

m_i = massa do corpo de prova seco em estufa, em gramas;

m_f = massa do corpo de prova saturado, em gramas;

Área = área bruta dos blocos ensaiados, em centímetros quadrados.

Figura 20: Bloco sobre os apoios.



Fonte: Autor (2022).

3.6 ABSORÇÃO DE ÁGUA E TEOR DE UMIDADE

O ensaio de absorção de água e do teor de umidade dos blocos seguiu o recomendado pela NBR 12118:2013, sendo utilizadas três amostras de cada tipo de bloco estudado, sendo

estas fragmentos dos blocos rompidos aos 28 dias no ensaio de resistência à compressão. As amostras possuem tamanhos diversos, variando entre 60 cm² a 80 cm². Os resultados foram ser analisados e comparados com os valores obtidos na Tabela 3, vista anteriormente e retirada da NBR 6136:2016.

Figura 21: Amostras dos blocos rompidos no ensaio de resistência à compressão.



Fonte: Autor (2023).

Procedimento do ensaio:

- Manter as amostras em temperatura ambiente por 24h, pesar e anotar suas respectivas massas;
- Após, levar os corpos à estufa, por 24h a uma temperatura de cerca de 105°, e determinar novamente suas massas;
- Recolocar as amostras na estufa pelo período de 2 horas, determinar novamente suas massas e repetir estes procedimentos de 2 em 2 horas, até que não houvesse, uma diferença de massa superior a 0,5% em relação à pesagem anterior em duas pesagens consecutivas. Anotar a massa seca como m1;
- Após, manter as amostras resfriadas em temperatura ambiente;
- Após esse resfriamento, imergir os blocos nos tanques de saturação por 24h e pesá-los novamente.
- Recolocar as amostras no tanque por um período de 2 horas, determinar novamente suas massas e repetir estes procedimentos de 2 em 2 horas, até que não houvesse, uma diferença de massa superior a 0,5% em relação à pesagem anterior em duas pesagens consecutivas. Anotar a massa saturada como m2.

Com os valores obtidos através do procedimento descrito, foi possível encontrar a absorção de água e o teor de umidade, através das equações 05 e 06.

- Para a absorção de água:

$$AA = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1} * 100 \quad (\text{Eq. 05})$$

Onde:

AA = absorção de água, em porcentagem;

m1 = massa do corpo de prova seco em estufa, em gramas;

m2 = massa do corpo de prova saturado, em gramas.

□ Para o teor de umidade:

$$TU = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} * 100 \quad (\text{Eq. 06})$$

Onde:

TU = Teor de umidade relativa média dos blocos, em porcentagem;

m1 = massa do corpo de prova seco em estufa, em gramas; e

m2 = massa do corpo de prova saturado, em gramas.

m3 = massa do corpo de prova na temperatura ambiente, em gramas.

Figura 22: Determinação da massa úmida.



Fonte: Autor (2022).

3.7 POROSIDADE APARENTE

A determinação da porosidade aparente nos blocos de concreto foi realizada de acordo com a norma americana ASTM C128:2015, uma vez que não há uma norma brasileira específica para essa medição. O método empregado baseia-se no princípio de Arquimedes e foi conduzido simultaneamente aos ensaios de absorção de água e teor de umidade, com as mesmas amostras utilizadas para os mesmos e já citadas anteriormente. Após a retirada dos fragmentos dos blocos da imersão em água, as amostras foram pesadas para a determinação

da massa úmida (Figura 22) e em seguida a massa imersa (Figura 23) em uma balança analítica hidrostática. Sendo assim a porosidade foi determinada por meio da Equação 07.

$$PA = \frac{(m_2 - m_1)}{(m_2 - m_4)} * 100 \quad (\text{Eq. 07})$$

Onde:

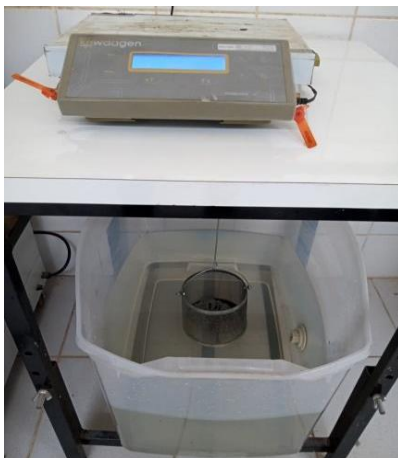
PA = Porosidade aparente, em porcentagem;

m1 = massa do corpo de prova seco em estufa, em gramas;

m2 = massa do corpo de prova saturado, em gramas.

m4 = massa do corpo de prova imerso em água, em gramas.

Figura 23: Determinação da massa imersa.



Fonte: Autor (2022).

3.8 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Antes de iniciar o ensaio, é importante realizar a medição dos blocos de acordo com o processo de análise dimensional mencionado anteriormente. Em seguida, é necessário realizar a marcação nos blocos, identificando-os e indicando o tipo de cura a que foram submetidos. Essa marcação é fundamental para evitar trocas ou confusões durante a coleta de dados, proporcionando uma coleta de informações precisa e confiável.

Para iniciar o processo de capeamento dos blocos, foi necessário retirar as rebarbas dos blocos, com auxílio de instrumento metálico adequado, para garantir uma superfície mais homogênea e utilizar menos material. Para o capeamento, são utilizadas as recomendações descritas na NBR 12118:2013.

O capeamento desempenha um papel fundamental na distribuição uniforme da carga sobre a peça ensaiada, visando obter superfícies planas tanto na parte superior quanto na inferior, como ilustrado na Figura 24. Nesse processo, foi empregado o uso de gesso,

garantindo que a espessura média do capeamento não ultrapasse 3 mm, conforme orienta a NBR 12118:2013. Isso assegura a adequada aplicação da carga e contribui para a precisão e confiabilidade dos resultados do ensaio.

Figura 24: Blocos após o processo de capeamento com gesso.



Fonte: Autor (2022).

O ensaio de resistência à compressão simples foi realizado de acordo com as especificações das NBR's 6136/2014 e 12118/2011. Os blocos foram rompidos com 7, 14 e 28 dias de idade, sendo quatro blocos de cada tipo de cura (submersa e ar livre). O procedimento de ensaio foi o seguinte:

- Após a montagem da estrutura da prensa, posicionam-se os blocos cuidadosamente no centro da base da mesma, cuidando para que o centro de gravidade do bloco coincida com o eixo de carga da estrutura da prensa;
- Aplicou-se a carga de forma contínua e sem choque, com velocidade constante e recomendada pela norma, até a ruptura do corpo de prova;
- No painel lateral à prensa, obtém o valor do pico máximo de carga que o bloco suportou;
- O valor da resistência à compressão, em MPa, é dado, dividindo a carga máxima obtida na prensa, pela área bruta do bloco.

O rompimento dos blocos foi realizado na prensa, disponível no laboratório de materiais de construção da Universidade Federal do Oeste da Bahia, conforme indicada na Figura 25, com capacidade de 2000 kN.

Figura 25: Prensa com bloco de concreto.



Fonte: Autor (2022).

4 RESULTADOS

Os procedimentos foram realizados conforme descritos no tópico anterior e os resultados da caracterização dos agregados quanto à granulometria e massa específica, bem como os ensaios das propriedades físicas e mecânicas dos blocos estão dispostos a seguir.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS MATERIAIS PRIMAS

Os agregados foram submetidos à caracterização, considerando suas composições granulométricas e massas específicas. Com base nesses dados, foi possível perceber as características dos materiais utilizados na produção dos blocos e verificar se estão de acordo o esperado pela NBR 6136:2016.

4.1.1 GRANULOMETRIA

4.1.1.1 AREIA

A Tabela 6 traz os dados obtidos com o ensaio da granulometria da areia, realizado de acordo o procedimento já descrito.

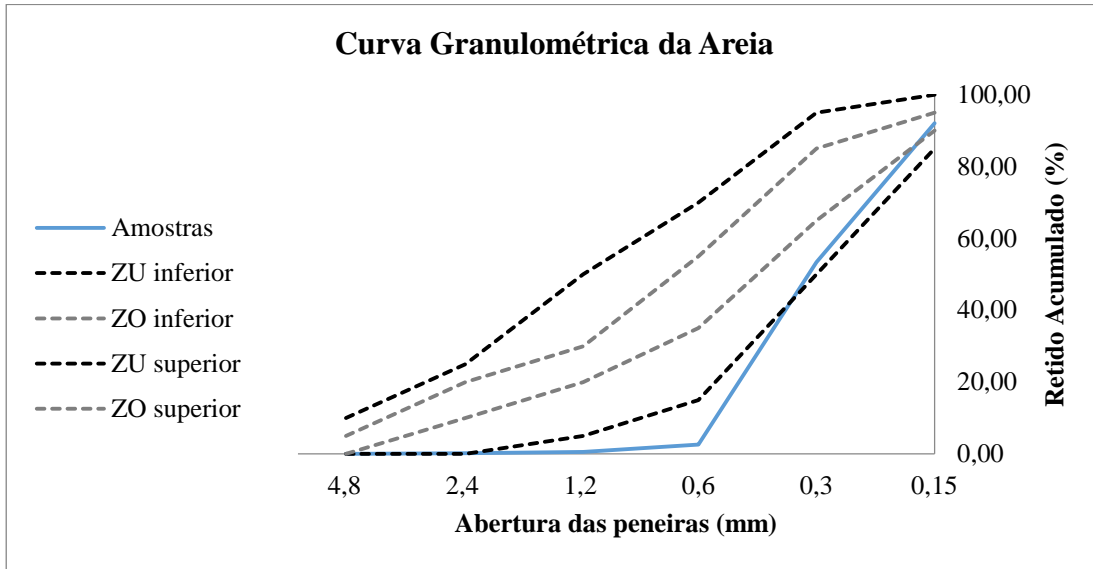
Tabela 6: Granulometria da areia.

Peneira (mm)	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa retida acumulada (%)
4,75	0,00	0,00	0,0
2,36	0,80	0,20	0,2
1,18	1,30	0,33	0,5
0,6	8,30	2,11	2,7
0,3	199,40	50,75	53,4
0,15	151,80	38,64	92,0
FUNDO	31,30	7,97	100
TOTAL	392,90	100	

Fonte: Autor (2023).

Já o Gráfico 1 apresenta a curva granulométrica da areia, bem como os limites do agregado para concretos estabelecidos pela NBR 7211:2009.

Gráfico 1: Curva Granulométrica da Areia



Fonte: Autor (2023).

A areia utilizada na fabricação dos blocos apresentou módulo de finura de 1,49 e a dimensão máxima de 0,6 mm, classificada como areia fina de acordo com Bauer (2000). A mesma também ficou abaixo dos limites utilizáveis para concreto estabelecidos pela NBR 7211:2009. Essa classificação da areia é muito comum na região de Barreiras/BA e o uso dela no concreto depende da correção com um agregado de módulo de finura maior.

4.1.1.2 PÓ DE BRITA

A Tabela 7 traz os dados obtidos com o ensaio da granulometria do pó de brita, realizado de acordo o procedimento descrito anteriormente.

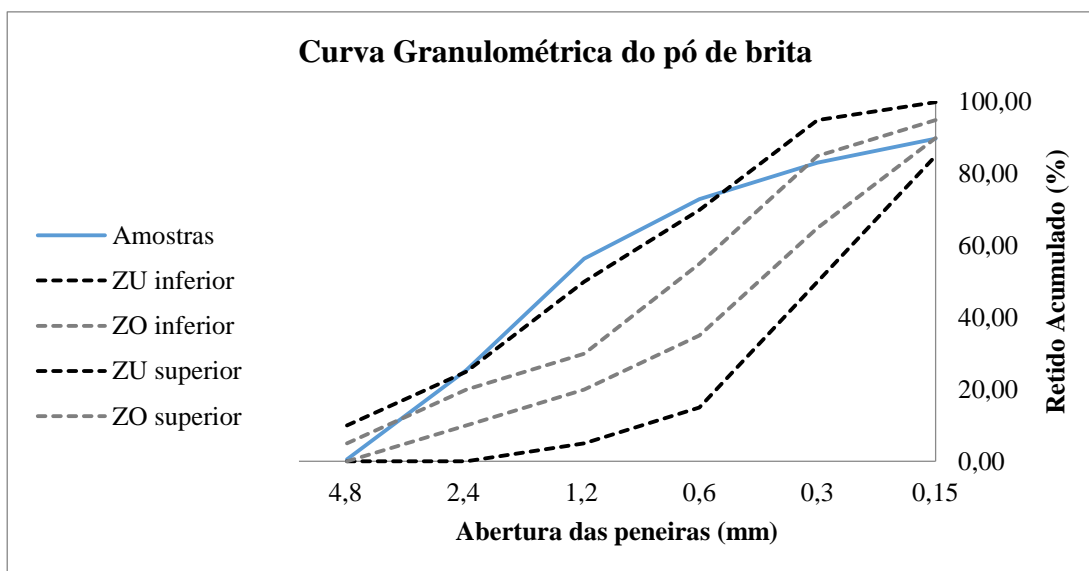
Tabela 7: Granulometria do Pó de Brita

Peneira (mm)	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa retida acumulada (%)
4,75	6,10	0,59	0,6
2,36	257,50	24,86	25,5
1,18	320,80	30,98	56,4
0,6	171,50	16,56	73,0
0,3	105,10	10,15	83,1
0,15	69,60	6,72	89,9
FUNDO	105,00	10,14	100
TOTAL	1035,60	100	

.Fonte: Autor (2023).

Já o Gráfico 2 apresenta a curva granulométrica do Pó de brita, bem como os limites do agregado miúdo para concretos estabelecidos pela NBR 7211:2009.

Gráfico 2: Curva Granulométrica do Pó de Brita.



Fonte: Autor (2023).

O pó de pedra apresentou módulo de finura de 3,28, classificada como agregado grosso de acordo com Bauer (2000). O mesmo também ficou acima dos limites utilizáveis para concreto estabelecidos pela NBR 7211:2009. Essa classificação é importante para corrigir a granulometria da areia fina encontrada na região.

4.1.1.3 MISTURA DOS AGREGADOS MIÚDOS

A Tabela 8 traz os dados obtidos com o ensaio da granulometria da mistura da areia com o pó de brita, realizado de acordo o procedimento já descrito.

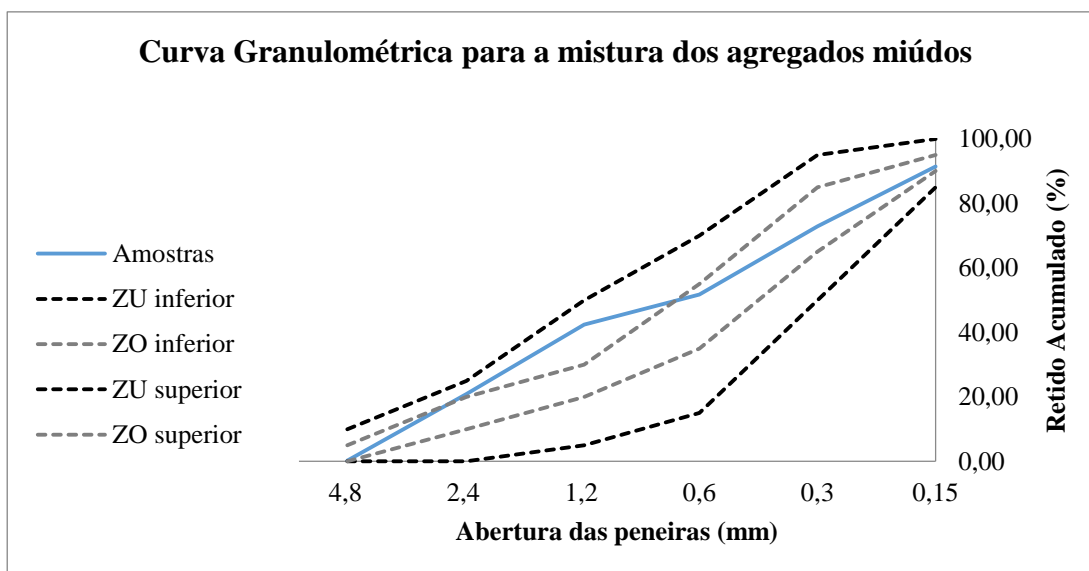
Tabela 8: Granulometria da mistura dos agregados miúdos

Peneira (mm)	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa retida acumulada (%)
4,75	2,70	0,26	0,3
2,36	210,90	20,62	20,9
1,18	220,50	21,55	42,4
0,6	94,90	9,28	51,7
0,3	216,40	21,15	72,9
0,15	190,10	18,58	91,5
FUNDO	87,50	8,55	100
TOTAL	1023,00	100	

.Fonte: Autor (2023).

Já o Gráfico 3 apresenta a curva granulométrica do Pó de brita, bem como os limites do agregado miúdo para concretos estabelecidos pela NBR 7211:2009.

Gráfico 3: Curva Granulométrica da mistura.



Fonte: Autor (2023).

A mistura dos agregados miúdos apresentou módulo de finura de 2,8, classificada como agregado médio de acordo com Bauer (2000). Com a mistura dos materiais na proporção indicada, finalmente a curva dos agregados miúdos ficou dentro dos limites utilizáveis para concretos estabelecidos pela NBR 7211:2009, sendo possível a utilização dos mesmos e evitando problemas nos blocos.

4.1.1.4 PEDRISCO

A Tabela 9 traz os dados obtidos com o ensaio da granulometria do Pedrisco, agregado graúdo da mistura, realizado de acordo o procedimento já descrito.

Tabela 9: Granulometria do Pedrisco.

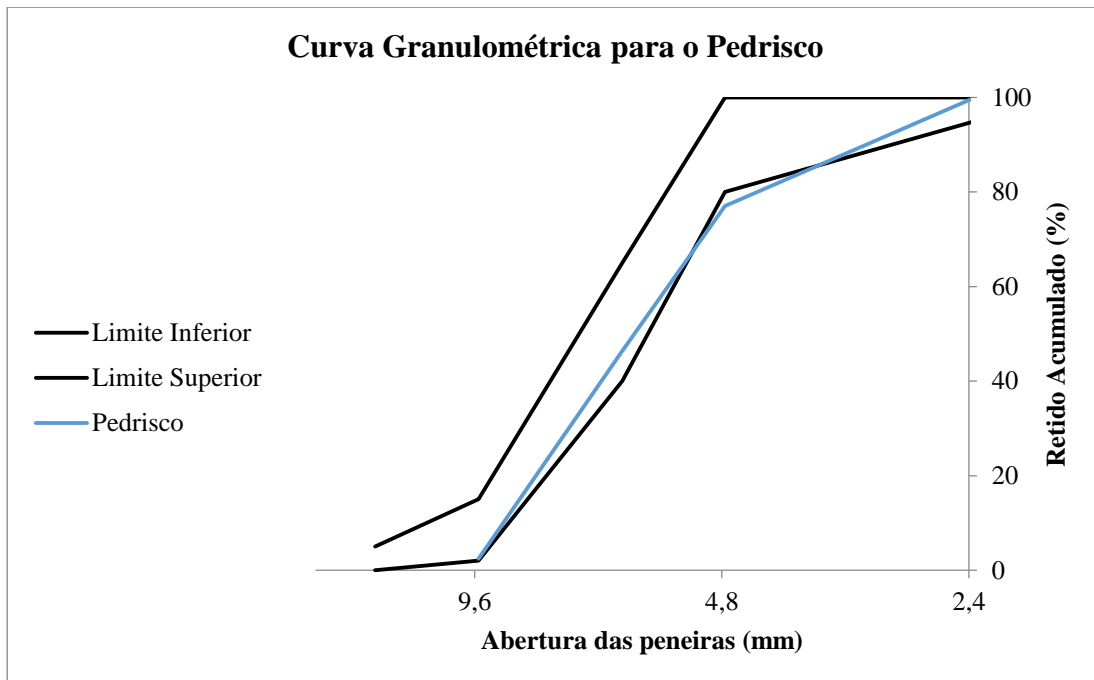
Peneira (mm)	Massa retida (kg)	Massa retida (%)	Massa retida acumulada (%)
31,7	0,000	0,00	0,0
25,4	0,000	0,00	0,0
19,1	0,000	0,00	0,0
15,9	0,000	0,00	0,0
12,7	0,000	0,00	0,0
9,5	0,075	2,41	2,4

6,35	1,370	43,95	46,4
4,76	0,957	30,70	77,1
FUNDO	0,715	22,94	100
TOTAL	3,117	100,00	

.Fonte: Autor (2023).

Já o Gráfico 4 apresenta a curva granulométrica do Pedrisco, bem como os limites do agregado graúdo estabelecidos pela NBR 7211:2009 para o uso de agregados em concreto.

Gráfico 4: Curva Granulométrica do Pedrisco.



Fonte: Autor (2023).

Ao analisar a curva granulométrica do pedrisco, observou-se que ela está parcialmente fora dos limites estabelecidos pela NBR 7211:2009 para a Brita 0. Essa situação era esperada, uma vez que o pedrisco é um agregado de tamanho menor em comparação com a Brita 0.

4.1.1.5 MISTURA DOS AGREGADOS

A proporção dos agregados utilizados na mistura dos blocos é determinada com base na curva granulométrica ideal, que descreve a distribuição percentual dos diferentes tamanhos de partículas dos agregados. Nesse contexto, a seleção da porcentagem de cada tipo de agregado na mistura é elaborada levando em consideração a granulometria específica de cada um. No caso dos blocos em estudo, a composição utilizada pela fábrica consiste em 25% de areia, 50% de pó de pedra e 25% de pedrisco.

De acordo com Oliveira (2015), a composição da mistura é calculada ao somar as porcentagens retidas de cada componente em cada peneira e multiplicar pela porcentagem correspondente do agregado na mistura. Essa abordagem permite determinar a proporção adequada de cada componente na mistura de forma precisa. A Tabela 10 apresenta a composição da mistura utilizada nos blocos em estudo.

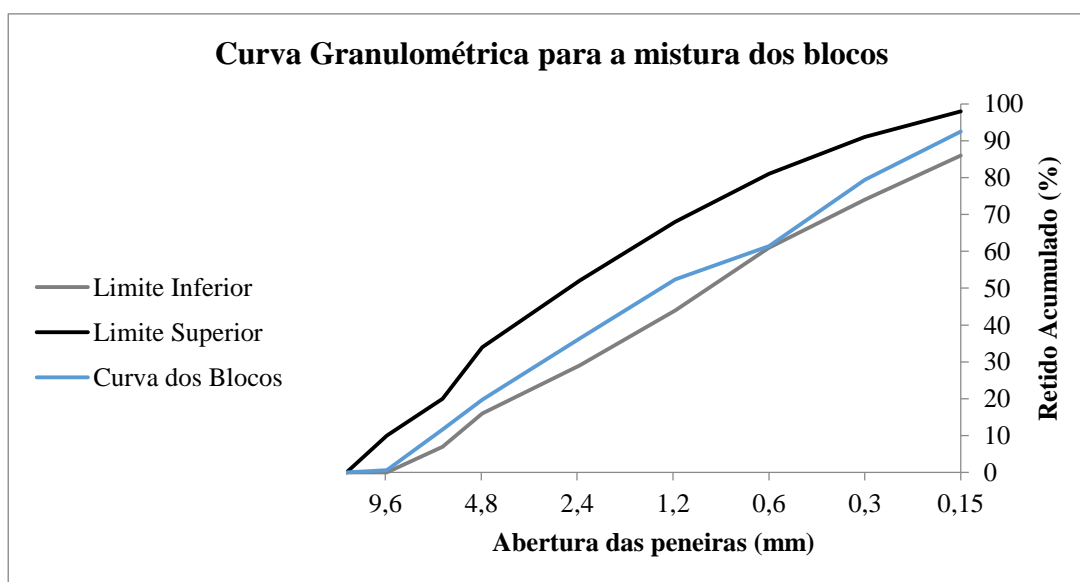
Os limites inferior e superior da curva granulométrica adotados foram usados por Oliveira (2015) em seu estudo e seguem o padrão estabelecido pela fábrica Casa Fácil, uma indústria de pré-moldados de concreto, localizado no distrito industrial da cidade de Porto Velho-RO. O Gráfico 5 ilustra a curva granulométrica dos blocos em estudo.

Tabela 10: Composição da mistura dos agregados de acordo os limites da curva dos blocos.

Peneira (mm)	Composição da Mistura (%)	Limite Inferior p/ blocos (Casa Fácil)	Limite Superior p/ blocos (Casa Fácil)
9,5	0,60	0,00	10,00
6,35	11,67	7,00	20,00
4,76	19,77	16,00	34,00
2,36	36,29	29,00	52,00
1,18	52,36	44,00	68,00
0,6	61,42	61,00	81,00
0,3	79,37	74,00	91,00
0,15	92,52	86,00	98,00
FUNDO	100		

Fonte: Autor (2023).

Gráfico 5: Curva granulométrica dos blocos em estudo.



Fonte: Autor (2023).

Os limites estabelecidos no gráfico não são prescritos como uma regra definitiva, mas sim como uma referência com base no estudo de Oliveira (2015) que utilizou de critérios semelhantes. É importante ressaltar que a curva granulométrica dos agregados pode variar de acordo com o padrão adotado por cada fábrica e as características dos materiais disponíveis em cada região.

4.1.2 MASSA ESPECÍFICA

4.1.2.1 AGREGADO MIÚDO

As massas específicas da areia, do pó de pedra e da mistura de ambos foram medidas com auxílio do frasco de Chapman e de acordo os procedimentos descritos anteriormente. Em todos os casos foi utilizada uma massa inicial de agregado miúdo de 500g e volume inicial de água de 200 ml. Os valores de Massa específica dos materiais estão dispostos na Tabela 11.

Tabela 11: Massa específica dos agregados miúdos.

Agregado	Massa específica
Areia	2,65 g/cm ³
Pó de Brita	2,69 g/cm ³
Mistura dos Ag. Miúdos	2,67 g/cm ³

Fonte: Autor (2023).

A partir dos resultados, é possível observar que a massa específica da mistura dos agregados miúdos se encontra no intervalo entre a os valores encontrados para a areia e para o pó de brita, conforme esperado.

4.1.2.2 AGREGADO GRAÚDO

A massa específica do Pedrisco foi realizada de acordo os procedimentos já citados, de acordo as recomendações da NBR NM 53. Foi utilizada uma massa inicial de 3kg do material.

Através do mesmo ensaio foi possível encontrar a massa específica do agregado em diversas condições. No entanto, para fins deste trabalho, será utilizada somente a Massa específica do agregado seco que resultou em 2,76 g/cm³.

4.1.3 DOSAGEM

Somente a partir dos valores de massa específica encontrados para a areia, pó de brita e pedrisco, não é possível encontrar o traço, em massa, utilizado pela fábrica para a preparação dos blocos de concreto estruturais.

A dosagem utilizada pela fábrica segue as proporções citada anteriormente, com uma relação água/cimento de 0,5. De acordo com Salvador Filho (2007), a relação água/cimento (a/c) comumente utilizada em blocos de concreto estrutural convencionais varia entre 0,4 e 0,6. Essa faixa de valores é adotada para garantir uma adequada trabalhabilidade da mistura, possibilitando a hidratação adequada do cimento e resultando em uma resistência satisfatória do concreto.

4.2 ANÁLISE DIMENSIONAL

As medidas coletadas referentes às dimensões dos blocos estão dispostas na Tabela 12, bem como as médias calculadas de cada tipo de bloco da família 15x40 disponível na fábrica.

Tabela 12: Análise dimensional dos blocos.

Família	Amostra	Média das dimensões dos blocos (mm)			Espessura média das paredes		
		Alt. (mm)	Larg. (mm)	Comp. (mm)	Long. (mm)	Transv. (mm)	Eeq (mm/m)
140x190x390 (Inteiro)	1	193	140	393	25	25	190,8
	2	191	140	392	25	25	191,3
	3	193	140	392	24	24	183,7
	Média	192,3	140,0	392,3	24,7	24,7	188,6
140x190x190 (Meio)	1	190	140	190	25	25	394,7
	2	190	140	193	25	25	388,6
	3	189	140	192	24	24	375,0
	Média	189,7	140,0	191,7	24,7	24,7	386,1
140x190x540 (Amarração "T")	1	187	141	543	26	26	143,6
	2	187	140	545	25	25	137,6
	3	188	142	545	25	25	137,6
	Média	187,3	141,0	544,3	25,3	25,3	139,6
140x190x340 (Amarração "L")	1	190	141	341	25	25	219,9
	2	190	140	343	24	24	209,9
	3	188	142	341	25	25	219,9
	Média	189,3	141,0	341,7	24,7	24,7	216,6

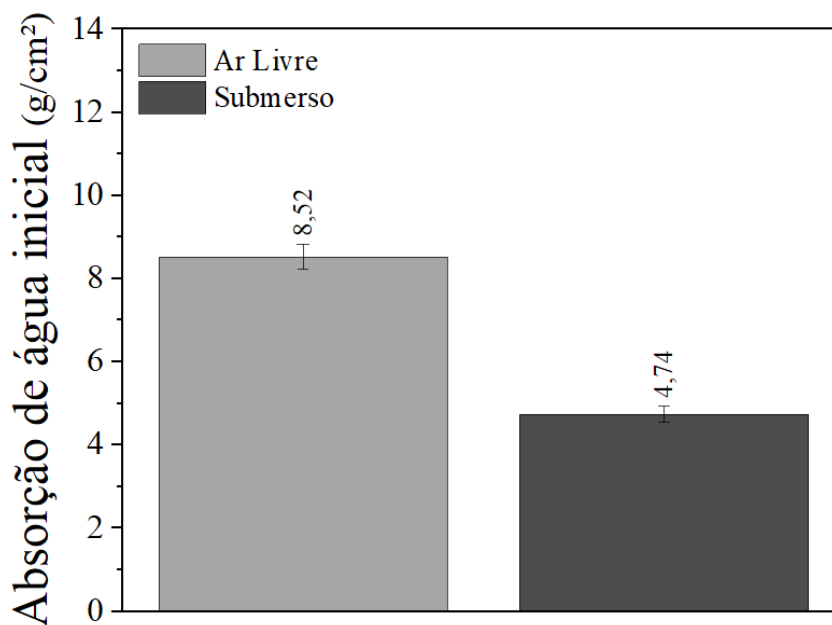
Fonte: Autor (2022).

Analisando os resultados obtidos e com base na Tabela 12, é possível notar que a maioria dos blocos está dentro do intervalo de tolerância permitido pela norma 6136:2016. Todavia, o bloco de amarração “T” apresenta valores acima da tolerância de $\pm 3,0$ mm permitida para o comprimento (540 mm) e deve ter uma atenção especial quanto ao seu uso e aceitação. Conforme a Tabela 2, as paredes de todos os blocos respeitam o intervalo de $\pm 1,0$ mm determinado pela NBR 6136:2016.

4.3 ABSORÇÃO DE ÁGUA INICIAL

Este ensaio foi realizado com duas amostras de cada tipo de cura, sendo elas dois blocos que passaram pelo processo de cura ao ar livre e dois blocos que passaram pelo processo de cura submersa. O Gráfico 6 compara as médias dos valores de água absorvidos pelos blocos no período de 1 minuto. Os valores para a elaboração do gráfico estão dispostos no apêndice I.

Gráfico 6: Média dos Valores de Absorção de água inicial para cada tipo de cura.



Fonte: Autor (2023).

Com base nos resultados, é possível observar que os blocos em cura submersa absorveram menos água no processo do que o bloco em cura ao ar livre, cerca de 44,4%.

4.4 ABSORÇÃO DE ÁGUA E TEOR DE UMIDADE RELATIVA

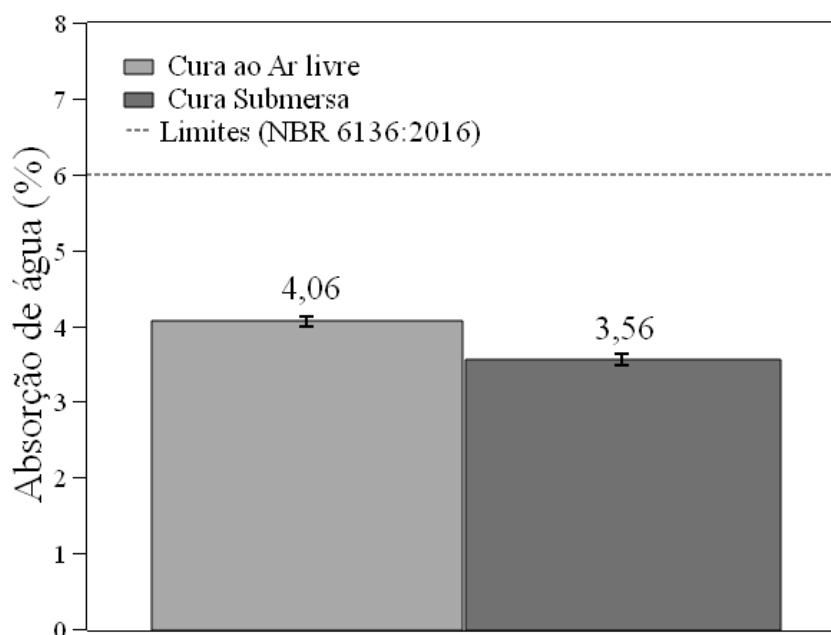
Os ensaios de absorção de água e teor de umidade dos blocos, foram realizados com 3 amostras de cada tipo de bloco em estudo e de acordo a NBR 12118:2013, conforme citado

anteriormente. Os valores obtidos em cada ensaio estão dispostos nas tabelas presentes no apêndice I.

De acordo com o Gráfico 7, que apresenta as médias dos valores obtidos no ensaio de absorção de água e o limite estabelecido pela NBR 6136:2016, ao comparar a média dos valores da absorção de água de cada tipo de bloco, é possível observar que os blocos que estavam sob o processo de cura ao ar livre, apresentaram valores de absorção de água superiores aos blocos que estavam sob cura submersa, cerca de 12,3% de diferença entre os processos de cura.

De acordo com a Tabela 3 da NBR 6136:2016, os blocos podem ser considerados aceitos, pois apresentam uma taxa de absorção menor do que o valor indicado pela norma.

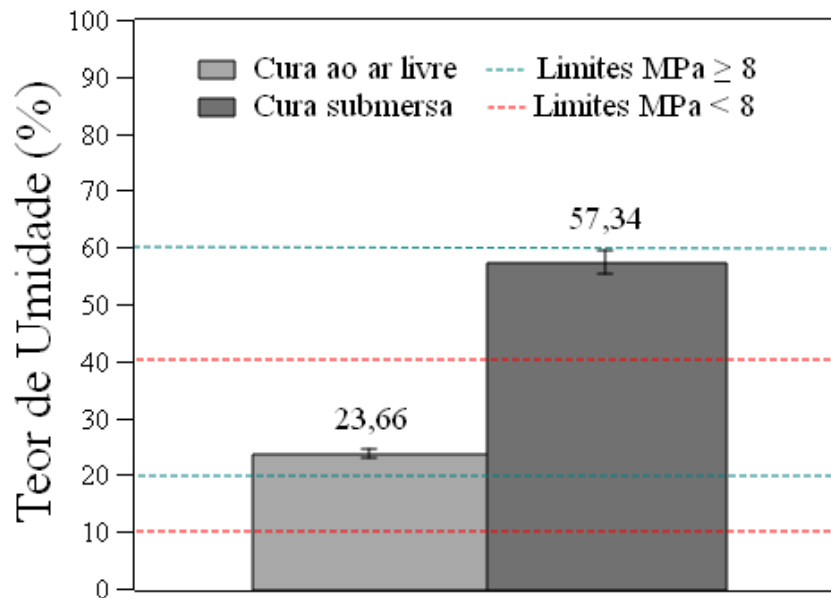
Gráfico 7: Média dos valores de absorção de água para cada tipo de cura.



Fonte: Autor (2023).

De acordo com os dados apresentados no Gráfico 8, que apresenta as médias dos valores obtidos no ensaio de absorção de água e o limite estabelecido pela NBR 12118:2013, em relação ao teor de umidade relativa dos blocos, observou-se que os blocos submetidos à cura submersa apresentaram um teor de umidade cerca de 42% maior em comparação aos blocos submetidos à cura ao ar livre.

Gráfico 8: Média dos valores de Teor de Umidade para cada tipo de cura.



Fonte: Autor (2023).

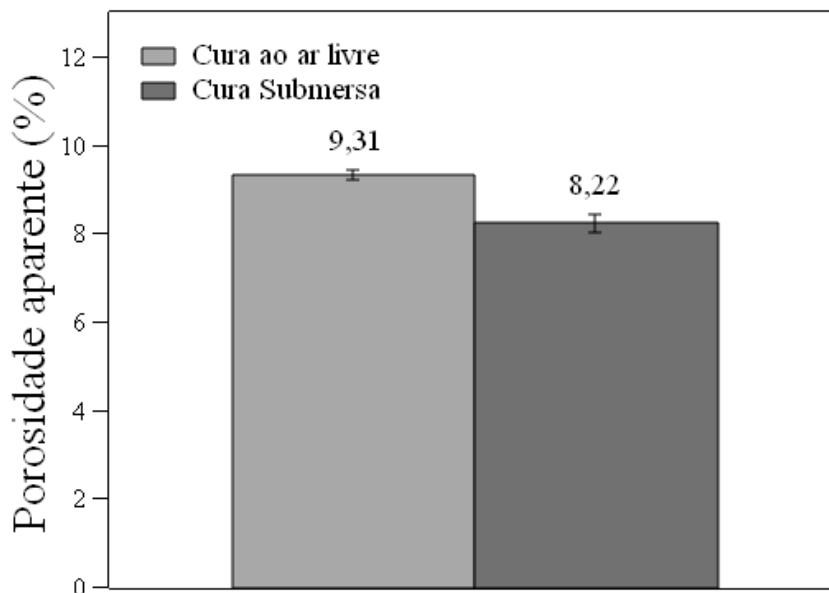
Em ambos os casos, os teores de umidade estão dentro dos limites estabelecidos para blocos com resistência característica inferior a 8 MPa (Entre 10% e 40%). Os blocos que passaram pela cura submersa, possuem um teor de umidade mais elevado, também adentrando ao intervalo de blocos com resistência característica superior ou igual a 8 MPa (Entre 20% e 60%).

4.5 POROSIDADE APARENTE

Os ensaios de Porosidade aparente dos blocos foram realizados com 3 amostras de cada tipo de bloco, simultaneamente com os ensaios de Absorção de água e Teor de Umidade, seguindo a norma americana ASTM C128:2015, como já citado anteriormente.

De acordo com o Gráfico 9, ao comparar a média dos valores obtidos em cada tipo de cura, é possível observar que os blocos que estavam sob a cura ao ar livre, apresentaram valores de Porosidade cerca de 11,8% superiores aos blocos que estavam sob cura submersa. Como já citado anteriormente, os blocos em cura ao ar livre são mais porosos do que os blocos em cura submersa, devido ao processo de hidratação do cimento.

Gráfico 9: Média dos valores de Porosidade para cada tipo de cura.



Fonte: Autor (2023).

4.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS NA CURA AO LIVRE E NA CURA SUBMERSA

O processo de hidratação prolongada dos blocos durante a cura submersa teve um efeito significativo nas suas características físicas. A presença constante de água favoreceu uma reação de hidratação mais completa do cimento, levando à formação de uma matriz de concreto mais densa e compacta. Isso resultou em uma diminuição da porosidade dos blocos, tornando-os menos permeáveis à água. Além disso, o maior teor de umidade observado nos blocos submetidos à cura submersa indica uma maior quantidade de água incorporada na estrutura do concreto, o que contribui para a sua resistência e durabilidade.

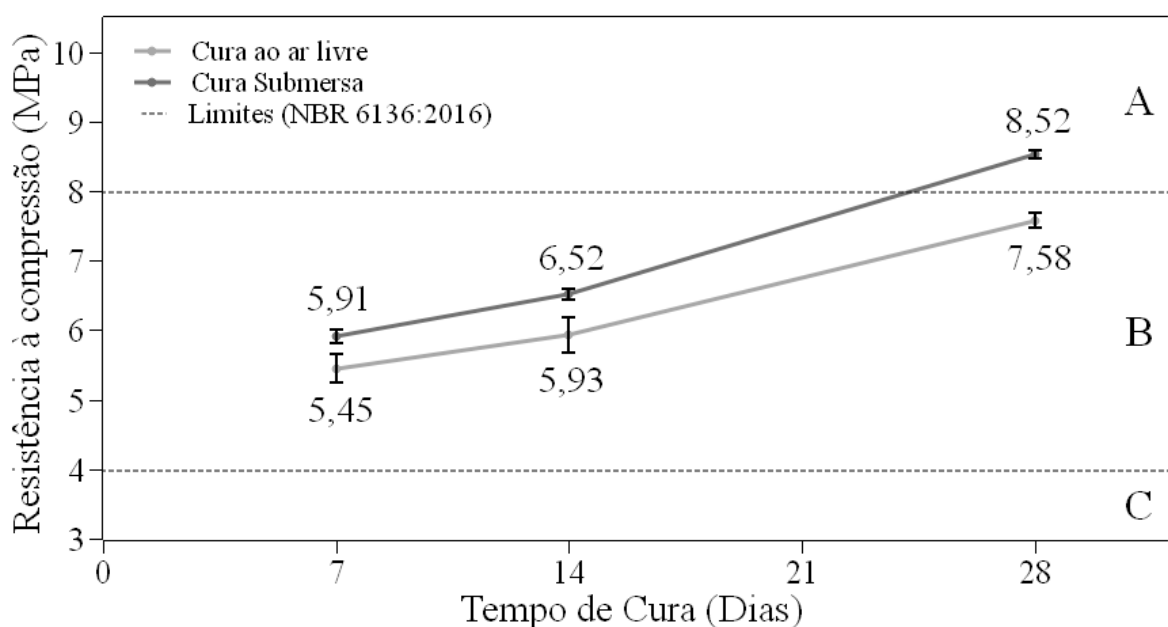
Em contrapartida, os blocos submetidos à cura ao ar livre apresentaram uma estrutura mais porosa, com uma menor quantidade de água retida em sua composição. Isso resultou em uma maior tendência desses blocos em absorver água quando expostos a ambientes úmidos. A porosidade mais elevada pode comprometer a resistência e durabilidade dos blocos, uma vez que a presença de vazios na estrutura pode facilitar a entrada de agentes agressivos, como água e agentes químicos.

Portanto, a cura submersa demonstrou ser um método eficaz para melhorar as propriedades físicas dos blocos de concreto.

4.7 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os blocos foram submetidos ao teste de rompimento aos 7, 14 e 28 dias de idade, conforme mencionado anteriormente. O Gráfico 10 relaciona as médias das resistências dos blocos, encontradas na prensa, submetidos a cada tipo de cura, bem como apresenta os limites de resistência para cada classe de blocos. Os valores de resistências obtidas em cada bloco estão descritos nas tabelas presentes no apêndice II.

Gráfico 10 Resistência média à compressão dos blocos de concreto-



Fonte: Autor (2023).

É evidente que a cura submersa exerce um impacto significativo no aumento da resistência dos blocos de concreto. Em todas as idades analisadas, os blocos submetidos à cura submersa apresentaram valores superiores de resistência em comparação com os blocos curados ao ar livre. Portanto, esse método de cura demonstrou ser mais eficaz para obter blocos com maior resistência.

Aos 7 dias, os blocos curados ao ar livre apresentaram aproximadamente 92% de resistência obtida pelos blocos submetidos à cura submersa. Essa diferença passou para cerca de 91% aos 14 dias. No entanto, a maior diferença de resistência entre os blocos foi observada aos 28 dias, onde os blocos curados ao ar livre apresentaram aproximadamente 89% da resistência obtida pelos blocos submetidos à cura submersa. Esses resultados indicam a influência positiva da cura submersa no desenvolvimento da resistência dos blocos de concreto ao longo do tempo.

Durante o período de 7 a 28 dias, foi observado um aumento de aproximadamente 139% na resistência dos blocos submetidos à cura ao ar livre. Por outro lado, os blocos submetidos à cura submersa apresentaram um ganho de resistência de cerca de 144% nesse mesmo intervalo de tempo.

Com base nos valores de resistência apresentados na Tabela 3, é possível afirmar que os blocos submetidos à cura ao ar livre podem ser classificados como blocos estruturais de classe B, de acordo com os critérios estabelecidos, uma vez que suas resistências variam entre 4,0 e 8,0 MPa. Por outro lado, os blocos submetidos à cura submersa atingiram resistências acima de 8,0 MPa, sendo possível classificá-los como blocos estruturais de classe A.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos a partir dos blocos e dos materiais utilizados em sua fabricação, fornecidos pela empresa em questão, foi constatado que os blocos estão em conformidade com as normas e referências literárias estudadas para sua utilização na construção civil.

Os materiais empregados na produção dos blocos não seguem completamente as diretrizes estabelecidas pela norma NBR 7211:2009. A curva granulométrica do agregado gráúdo aproxima-se dos limites especificados, enquanto a curva granulométrica relacionada à mistura dos agregados miúdos, na proporção adotada pela fábrica, mantém os agregados dentro dos limites recomendados para utilização em concreto.

A curva granulométrica adotada para a mistura dos agregados segue as diretrizes propostas por Oliveira (2015), e a relação água-cimento de 0,5 está em conformidade com as referências bibliográficas analisadas. Essas conformidades indicam que o traço utilizado na mistura dos blocos de concreto segue parâmetros semelhantes aos encontrados em estudos anteriores, garantindo a consistência e a qualidade da mistura.

Com relação à análise dimensional dos blocos, somente o bloco de amarração “T” não correspondeu às medidas exigidas pela NBR 6136:2014, sendo necessária uma atenção maior da fábrica no processo de moldagem destes blocos.

A absorção de água inicial dos blocos submetidos a cura ao ar livre foi cerca de 44% maior que os demais blocos. Com relação à porosidade, os blocos sob cura ao ar livre foram cerca de 12% mais porosos que os blocos sob cura submersa. Já os blocos submetidos à cura submersa demonstraram uma taxa de absorção de água 12% menor em comparação à cura ao ar livre. Em todos os casos, essa diferença ocorre devido ao processo de hidratação prolongado do concreto e outros fatores como a perda de água durante o período de cura.

Na cura ao ar livre, foi observado que os blocos apresentaram um teor de umidade significativamente menor em comparação com a cura submersa, cerca de 42%. Isso ocorre porque os blocos expostos ao ar livre já haviam perdido grande parte da água interna, enquanto os blocos submersos, mesmo após 24 horas em temperatura ambiente, ainda mantinham uma quantidade significativa de água interna quando foram levados ao laboratório.

Foi observado que a cura submersa tem um impacto significativo principalmente no aumento da resistência à compressão dos blocos, especialmente em estágios mais avançados

do concreto. Portanto, esse método de cura foi identificado como o mais eficaz para alcançar valores mais altos de resistência à compressão nos blocos de concreto.

Aos 28 dias, houve um aumento de 11,03% da resistência média dos blocos com cura submersa comparado com os de cura ao ar livre. Nas condições estudadas, os blocos submetidos à cura submersa obtiveram uma resistência superior a 8 MPa aos 28 dias, o que os faz serem considerados pela norma como blocos de classe A. Já os blocos em cura ao ar livre, conforme realizado pela fábrica, foram classificados como blocos do tipo B.

Caso a empresa tenha interesse em trabalhar com blocos de classe A, é recomendável considerar a utilização da cura submersa como uma prática para aprimorar a resistência e outras características físicas dos blocos. Essas características são igualmente importantes, pois contribuem para a durabilidade do concreto, além de proporcionar uma qualidade superior aos produtos fabricados.

SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Considerando os resultados positivos observados neste estudo em relação à melhoria dos blocos de concreto quando submetidos ao processo de cura submersa, seria relevante realizar estudos adicionais para avaliar a viabilidade econômica da implementação desse método de cura na fábrica. Essa análise abrangeria tanto as mudanças necessárias na estrutura e cultura da empresa quanto a verificação se essa readequação é vantajosa para a mesma, buscando obter blocos de uma classe superior aos já comercializados.

Além disso, um estudo adicional poderia ser realizado em relação à composição da mistura dos blocos, explorando diferentes proporções de insumos com o objetivo de produzir blocos de classe A que sejam economicamente vantajosos para a empresa. Por fim, também é possível comparar os estudos de cura com novos traços, a fim de identificar a solução mais viável para a empresa na produção de blocos de classe superior. Isso permitiria uma avaliação mais abrangente dos aspectos técnicos e financeiros envolvidos, visando tomar decisões embasadas para o benefício da empresa.

Pensando numa parceria com a empresa em questão, também é possível explorar estudos em outras famílias de blocos, expandindo as possibilidades de análise e aprimoramento. Além disso, é viável investigar a utilização dos blocos que não estão em conformidade com o padrão estabelecido pela NBR 6136:2016 como agregados em processos construtivos, buscando alternativas sustentáveis e econômicas para aproveitar esses materiais de forma eficiente na indústria da construção civil.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. **C128 - Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate.** Pensilvânia, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **Curso de microscopia de cimento Portland. Departamento de Físico-Química.** São Paulo, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6136 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2016.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11768-1– Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Parte 1: Requisitos.** Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12118 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Métodos de Ensaio.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS– ABNT. **NBR 15270-3:2005; Componentes Cerâmicos - Parte 3: Blocos Cerâmicos para alvenaria estrutural e vedação- Métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 2005. 17-20p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 16697 – Cimento Portland – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2018.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 45: Agregados – Determinação da massa unitária e volume de vazios.** Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 53: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.** Rio de Janeiro, 2009.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. Volume I. 5ª ed. Revisada. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

BARBOSA, C.S. **Resistência e deformabilidade de blocos vazados de concreto e suas correlações com as propriedades mecânicas do material constituinte**. 2004. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

BUTTLER, Alexandre Marques. **Uso de agregados reciclados de concreto em blocos de alvenaria estrutural**. 2007. Tese (Doutorado em Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

CARASEK, H. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007.

CICERI, T.. **Estudo comparativo de viabilidade econômica para uma edificação com bloco cerâmico, tijolo cerâmico maciço e tijolo de solo cimento**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2016.

DINIZ, H. A. A.; MONTE JÚNIOR, I. A.; OLIVEIRA, S. S.; SOUZA, K. J. M. **Influência da cura por imersão em concretos convencionais**. *Revista Tecnologia e Informação - Revista Científica da Escola de Engenharias e Ciências Exatas / Universidade Potiguar. Escola de Engenharias e Ciências Exatas. Natal/RN, 2016*

FERNANDES, I. D.. **Blocos e pavers – Produção e controle de qualidade**. 3ª ed. Santa Catarina: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda, 2012. 182p.

FRANÇA, S. G. **Avaliação da qualidade de blocos de concreto para alvenaria estrutural de fábricas do município de Manhuaçu-MG**. UNIFACIG. Manhuaçu/MG, 2021.

FRASSON JÚNIOR, A. **Proposta de metodologia de dosagem e controle do processo produtivo de blocos de concreto para alvenaria estrutural**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC, 2000.

GONÇALVES, L. M.; ANTUNES, E. G. P. **Avaliação da influência de diferentes processos de cura em concreto com incorporação de resíduo de esmalte cerâmico**. – Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Criciúma /SC. 2016.

HADDAD, L. D.; COSTA, C. M.; LOPES, P. H. P.; CARVALHO, A. N.; SANTOS, W. J. **Análise da Influência da granulometria do agregado miúdo nas propriedades mecânicas e de durabilidade das argamassas de revestimento** – UFMG, 2016.

HONÓRIO, T.; CARASEK, H. **Influência da absorção de água do substrato na resistência superficial de revestimentos de argamassa.** Universidade Federal de Goiás. Goiânia/GO. 2010.

LANSINI, B. **Influência da temperatura de cura na resistência à compressão do concreto.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Curso de Engenharia Civil. Porto Alegre/RS. 2016.

LEVENTIS, A., VERGANELAKIS, D.A., HALSE, M.R.; WEBBER J. B.; STRANGE J. H. **Capillary Imbibition and Pore Characterisation in Cement Pastes.** Transport in Porous Media, 39, 143–157. 2000.

LORDSLEEM JÚNIOR, A. C.; PÓVOAS; Y.V.; SOUSA, R. V. R. de; SILVA, C. F. C. da. **Blocos de concreto para vedação: estudo da conformidade através de ensaios laboratoriais.** XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro/RJ. 2008.

MEDEIROS, J. S.. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto.** 1993. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

MEDEIROS, J. S. DORNELLES, V. P. e FRANCO, L. S. **Blocos de concreto para alvenaria estrutural: Avaliação de parâmetros básicos de produção.** Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo/SP. 1994.

NEVILLE, A. M. **Tecnologia do concreto.** 2º ED. Porto Alegre: Bookman. 2013

NOVAKEM. Aditivo Plastificante. Disponível em: <https://www.novakem.com.br/plastkem/>. Acesso em 31 de outubro de 2022.

OLIVEIRA, V. de. **Análise da resistência à compressão de blocos de concreto com função estrutural: um estudo de caso comparativo para os traços de 1:10 e 1:13 com cura submersa e ao ar livre.** Trabalho de conclusão de curso (graduação em Engenharia Civil), Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, RO, Brasil, 2015.

PARSEKIAN, G. A.; CHRISTOFORO, L. A.; MAZZÚ, A. D. E.; DALFRÉ, G. M. **Umidade e modo de preparação do corpo de prova: influência na resistência a compressão de blocos de concreto.** Rev. IBRACON Estrut. Mater., vol. 14, no. 2, e14210, 2021

PRUDÊNCIO JÚNIOR, L. R.; OLIVEIRA, A. L. de; BEDIN, C. A.. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto.** Florianópolis, 2002. 208p.

RAMALHO, M. A. e CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

SALVADOR FILHO, J. A. A. **Blocos de concreto para alvenaria em construções industrializadas**. Escola de Engenharia de São Carlos DA Universidade de São Paulo. São Carlos/SP, 2007.

SCHEIFER, D. M.; CALLEJAS, I. J. A. **Caracterização física e mecânica de blocos de concreto com incorporação de areia de resíduo de construção civil**. Revista Matéria, v.26, n.4, 2021

SILVA, A. F. da. **Avaliação da resistência à compressão da alvenaria estrutural**. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Ilha Solteira/SP. 2007.

SILVA, M. da S.; SANTOS, M. J. F. dos; SANTOS, M. D. F. dos; CAVALHEIRO, O.P. **Considerações sobre o ensaio de absorção de água inicial de blocos**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria/RS, 2006.

SILVA, L. M. A. e. **Resistividade elétrica superficial do concreto: influência da cura**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás. Goiânia/GO, 2016.

SOARES, M. M. M. **Especificação, execução e controle de alvenaria estrutural em blocos cerâmicos de acordo com a NBR 15812**. Programa de pós-graduação em construção civil, Universidade de São Carlos - UFSCar. São Carlos/SP, 2011.

SOTO IZQUIERDO, I. **Uso de fibra natural de sisal em blocos de concreto para alvenaria estrutural**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos/SP, 2011.

TAUIL, C. A. e NESSE, F. J. M.. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2010.

ZANATTA, F. A.; ISERNHAGEM, F. G. **Alvenaria Estrutural: Ensaio de ruptura à compressão dos blocos de concreto**. Disponível em: <<https://tcc.unipar.br/files/tccs/78c033d81f9ed229ba76fc56e0b51731.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2022.

APÊNDICES

Apêndice I: Características Físicas dos blocos

Tabela 13: AAI do bloco com cura ao ar livre.

CP	Larg. (cm)	Comp. (cm)	Área (cm ²)	Seco (g)	Saturado (g)	AAI (g/cm ²)
1	14,0	39,1	547,4	12050,4	12073,9	8,31
2	14,0	39,1	547,4	12073,9	12098,6	8,73
MÉDIA						8,52
Desvio padrão						0,30
Erro padrão						0,13

Fonte: Autor (2023).

Tabela 14: AAI do bloco com cura submersa.

CP	Larg. (cm)	Comp. (cm)	Área (cm ²)	Seco (g)	Saturado (g)	AAI (g/cm ²)
1	14,1	39,1	551,31	12914,7	12928,6	4,88
2	14,1	39,1	551,31	12927,6	12940,7	4,60
MÉDIA						4,74
Desvio padrão						0,20
Erro padrão						0,09

Fonte: Autor (2023).

Tabela 15 Absorção de água, Teor de umidade e Porosidade dos blocos com cura ao ar livre.

Amostra	SSS (m2)	SUB (m4)	ESTUFA (m1)	AR LIVRE (m3)	AA (%)	TU (%)	PA (%)
J1	153,1	90,5	147,2	148,6	4,0	23,73	9,4
J2	300,7	172,7	288,8	291,7	4,1	24,37	9,3
J3	425,7	245,7	409,1	412,9	4,1	22,89	9,2
Média					4,06	23,66	9,31
Desvio padrão					0,06	0,74	0,10
Erro padrão					0,03	0,33	0,05

Fonte: Autor (2023).

Tabela 16: Absorção de água, Teor de umidade e Porosidade dos blocos com cura submersa.

Amostra	SSS (m2)	SUB (m4)	ESTUFA (m1)	AR LIVRE (m3)	AA (%)	TU (%)	PA (%)
J1	251,2	143,5	242,4	247,5	3,6	57,95	8,2
J2	309,7	183	299	304,9	3,6	55,14	8,4
J3	501,6	292,7	484,8	494,7	3,5	58,93	8,0
Média					3,56	57,34	8,22
Desvio padrão					0,08	1,97	0,21
Erro padrão					0,04	0,88	0,09

Fonte: Autor (2023).

Apêndice II: Características Mecânicas dos blocos

Tabela 17: Resistência à Compressão aos 7 dias dos blocos com cura ao ar livre.

CP	Larg. (mm)	Comp. (mm)	Área Bruta (mm ²)	Carga Rupt. (N)	Resistência à compressão (Mpa)
1	140	391	54740	290,29	5,30
2	140	391	54740	293,97	5,37
3	140	391	54740	311,26	5,69
				Média	5,453
				Desvio	0,205
				Erro	0,118

Fonte: Autor (2023).

Tabela 18: Resistência à Compressão aos 7 dias dos blocos com cura submersa.

CP	Larg. (mm)	Comp. (mm)	Área Bruta (mm ²)	Carga Rupt. (N)	Resistência à compressão (Mpa)
1	140	390	54600	318,20	5,83
2	140	390	54600	321,05	5,88
3	140	390	54600	328,50	6,02
				Média	5,908
				Desvio	0,097
				Erro	0,056

Fonte: Autor (2023).

Tabela 19: Resistência à Compressão aos 14 dias dos blocos com cura ao ar livre.

CP	Larg. (mm)	Comp. (mm)	Área Bruta (mm ²)	Carga Rupt. (N)	Resistência à compressão (Mpa)
1	140	391	54740	312,92	5,72
2	140	391	54740	339,50	6,20
3	140	391	54740	321,73	5,88
				Média	5,932
				Desvio	0,247
				Erro	0,143

Fonte: Autor (2023).

Tabela 20: Resistência à Compressão aos 14 dias dos blocos com cura submersa.

CP	Larg. (mm)	Comp. (mm)	Área Bruta (mm ²)	Carga Rupt. (N)	Resistência à compressão (Mpa)
1	140	390	54600	358,78	6,57
2	140	390	54600	358,08	6,56
3	140	390	54600	350,93	6,43
				Média	6,52
				Desvio	0,080
				Erro	0,05

Fonte: Autor (2023).

Tabela 21: Resistência à Compressão aos 28 dias dos blocos com cura ao ar livre.

CP	Larg. (mm)	Comp. (mm)	Área Bruta (mm ²)	Carga Rupt. (N)	Resistência à compressão (Mpa)
1	142	390	55380	414,71	7,49
2	142	390	55380	419,45	7,57
3	142	390	55380	424,97	7,67
				Média	7,58
				Desvio	0,093
				Erro	0,05

Fonte: Autor (2023).

Tabela 22: Resistência à Compressão aos 28 dias dos blocos com cura submersa.

CP	Larg. (mm)	Comp. (mm)	Área Bruta (mm ²)	Carga Rupt. (N)	Resistência à compressão (Mpa)
1	141	391	55131	470,95	8,51
2	141	391	55131	467,22	8,47
3	141	391	55131	473,14	8,58
				Média	8,52
				Desvio	0,055
				Erro	0,03

Fonte: Autor (2023).